ERGO'IA 2008

Bidart/Biarritz France

Manifestation organisée par :



Technopole Izarbel - 64210 Bidart
Tél : 05 59 43 84 00 - Fax 05 59 43 84 01
www.estia.fr

E-mail : ergoia@estia.fr
www.ergoia.estia.fr

PARRAINAGE SCIENTIFIQUE

















ISBN 2-9514772-7-9

COMITE SCIENTIFIQUE

Présidence Scientifique

Daniel GALARRETA (CNES) , Patrick GIRARD (ENSMA/Univ. Poitiers), Jean-Claude TUCOULOU (AFIS), Marion WOLFF (Univ. Paris Descartes)

Christian BASTIEN, Univ. de Metz
Marc-Eric BOBILLIER CHAUMON, Univ. Lyon 2
François BOILLEAU, Alsthom Transport St Ouen
Guy BOURHIS, Univ. Metz
Eric BRANGIER, Univ. Paul Verlaine Metz
Christian BRASSAC, Univ. Nancy 2
Gaëlle CALVARY, Univ. Grenoble
Noëlle CARBONELL, Loria Nancy
Valérie CASTEL, Nexter Group Versailles
Xavier CHALANDON, Renault Guyancourt
Bernard CLAVERIE, Univ. Bordeaux 2
Daniel COINEAU, RATP Paris
Bertrand DAVID, ECL Lyon
Michel DESMARAIS, École Polytechnique de Montréal
Annie DROUIN, Consultante, Paris
Florence HELLA, Inrs Nancy
Francis JAMBON, Univ. Grenoble
René JORNA, Univ. de Groningen The Netherlands
Christophe KOLSKI, Univ. Valenciennes
Alain LANCRY, Univ. Amiens
Valérie LEGUAY, GIP-DMP Paris
Bruno MAGGI, Univ. Bologne
Odile MARTIAL, Consultante, Montréal
Gabriel MICHEL, Univ. de Metz
Faouzi MOUSSA, Univ. Tunis
Michel NEBOIT, Self
Dina NOTTE, Ergodin, Belgique
Anne-Sophie NYSSEN, Univ. Liège
Philippe PALANQUE, Univ. Toulouse 3
Jean PARIES, Dédale Paris
René PATESSON, Univ. Libre de Bruxelles
Franck POIRIER, Univ. Bretagne Sud
Gérard POULAIN, France Télécom R&D Lannion
Jean-René RUAULT, DGA Paris
Mouldi SAGAR, Univ.de Valenciennes
Dominique SCAPIN, INRIA Rocquencourt
Jean-Claude SPERANDIO, Pr. Emérite, Univ. Paris Descartes
Frédéric VANDERHAEGEN, Univ. Valenciennes

COMITE D'ORGANISATION ESTIA

Patxi ELISSALDE
Jean-Roch GUIRESSE
Nadine PEHAU
Annie PEREZ
Michèle ROUET

TABLE DES MATIERES

Conférences invitées

Ingénierie et conception au cœur des systèmes

Méthodes, évaluations, analyse des besoins spécifiques

Conception centrée utilisateur, Utilisabilité

Gestion des connaissances, Formation, Apprentissage, évaluation

Facteurs Humains, Performance, Sécurité

Posters et démonstrations

⁂

CONFERENCES INVITEES

⁂

L'humain au cœur des systèmes et de leur développement : quelle évolution en 20 ans dans le développement des systèmes ?

Jean-Claude Sperandio

Université Paris Descartes, Laboratoire Ergonomie - Comportements et Interactions

45 rue des Saints-Pères, 75270 Paris Cedex 06

jean-claude.sperandio@univ-paris5.fr

RESUME

Cette conférence évoque quelques points significatifs du travail humain et de l'ergonomie en lien avec l'évolution de l'informatique depuis le premier congrès Ergo'IA 88. Le sigle IA, qui signifiait d'abord Intelligence artificielle, puis Informatique Avancée, est commenté. A propos du concept de « conception centrée utilisateur », une distinction est faite entre les termes d'opérateur et d'utilisateur et le passage de l'un à l'autre est discuté. Est également évoqué le rôle de l'ergonomie dans la conception des systèmes

MOTS-CLES : informatique (*évolution de*), travail humain, ergonomie, I.A., opérateur, utilisateur, conception, systèmes

ABSTRACT

This paper is focused on some significant points of evolution of the human work and ergonomics linked with the evolution of computer technology, since the first Ergo'IA 88. The initials I.A (A.I. in English), previously meaning Artificial Intelligence, and afterwards meaning Computers' Science in Progress, are commented. Concerning the well-known concept of *user centred design*, a distinction between *operator* and *user* is discussed. Finally, the part played by ergonomics in system design is evoked.

KEYWORDS : computer science (*evolution of*), human work, ergonomics, A.I., operator, user, design, system.

INTRODUCTION

Ce 11ème congrès d'Ergo'IA s'inscrit dans la continuité des dix précédents, qui se sont tous tenus avec une parfaite régularité tous les deux ans depuis 1988, grâce à l'accueil de la Chambre de Commerce et d'Industrie Bayonne Pays Basque qui en a toujours assuré l'organisation, et bien sûr grâce aussi aux efforts continus de quelques fidèles, nombreux à être présents aujourd'hui. Quelle évolution, ou plutôt quelles évolutions en 20 ans ? Beaucoup de choses ont changé, à commencer par l'informatique dont la prodigieuse évolution a peu d'équivalent dans l'histoire des technologies, mais aussi évolutions du travail humain et de l'ergonomie.

ÉVOLUTIONS DE L'INFORMATIQUE

Vous connaissez tous, sans aucun doute, l'histoire de l'informatique. Cependant, quand on évoque l'informatique de la décennie 80 devant des jeunes, y compris des étudiants d'informatique, c'est un peu comme si on leur parlait de la guerre 14. Ils ont peine à se représenter la situation de la technologie informatique de cette époque, peine à penser que les machines étaient si lentes, les mémoires si petites, les logiciels si compacts et programmés en historiques langages, etc. En 1988, cependant, l'informatique avait déjà un passé de plus de 40 ans ; les micro-ordinateurs existaient depuis 17 ans, les PC existaient depuis 7 ou 8 ans, mais en 1988 leurs performances étaient encore bien modestes au regard de ce qu'elles sont aujourd'hui.

Par exemple, souvenons-nous que les premiers PC (PC XT d'IBM), qui datent de 1980 mais étaient encore en usage en 1988, tournaient seulement à 4,7 Mhz ; leur successeur (PC AT), qui date de 1982, tournait à 8 Mhz avec une toute petite mémoire centrale, souvent sans disque dur. Si la souris existait depuis 1968, et les fenêtres et menus déroulants depuis 1974, ces dispositifs devenus essentiels pour les IHM modernes n'équipaient pas les premiers PC, dont les interfaces étaient rudimentaires. Ceux-ci n'apparurent ainsi équipés qu'après la commercialisation du Macintosh qui a popularisé en 83 les premières IHM modernes dans le grand public. Mais les premiers Macintosh, - si révolutionnaires fussent-ils, dignes successeurs de l'Apple 2E ! -, avaient eux aussi des performances limitées et étaient peu répandus dans le monde professionnel. On devait se contenter de disquettes de 512 Ko, puis de 1 Mo, sur lesquelles on stockait à la fois le système d'exploitation, les programmes et les données !

Il faut dire que les programmes (y compris les systèmes d'exploitation) étaient peu gourmands, les extensions étaient réduites, les périphériques lents, les interfaces

logicielles quasi inexistantes ou rustiques, etc. Microsoft ne régnait pas. Les CD étaient déjà inventés depuis 78, mais ne furent commercialisés seulement qu'à partir de 82 et seulement pour l'audio ; son usage en informatique (lecteur / graveur de CD-ROM) n'a commencé qu'au milieu de la décennie 80, donc peu avant le premier Ergo'IA. Les meilleurs laboratoires de recherche, pas tous, étaient équipés de SUN, plus rapides et plus puissants, mais chers, et en 1988, les salles informatiques de la plupart des universités (quand il y avait des salles informatiques…) étaient encore équipées de PC aux performances limitées, tant en vitesse qu'en capacité de mémoire, même dans les UFR d'informatique. Bien entendu, la télématique était encore adolescente, la jonction de l'informatique, du téléphone, de la photographie et de la télévision n'était pas encore faite, il n'y avait ni Internet, ni WIFI, et peu d'ordinateurs portables !

Par la suite, - ceci est bien connu -, les progrès ont été très rapides sur tous les fronts, tant matériels que logiciels ; si rapides et si étendus que je ne les évoquerai pas ici. De cette évolution, nous devons souligné - Ergo'IA oblige ! - celle, tout à fait considérable des IHM. De nouveaux langages de programmation sont apparus, mais surtout les méthodes de programmation ont évolué. Les applications ont non seulement augmenté en nombre, mais surtout en diversité et en qualité. Internet est considéré comme l'innovation majeure du domaine informatique de la décennie 90 (c'était le thème de la conférence introductive à Ergo'IA 96 par Claude Vogel, son Président [15]), mais les effets se sont généralisés et amplifiés en France surtout au début de ce siècle.

Cependant, ce qui me semble prodigieux dans cette évolution est moins le progrès technologique en soi que la pénétration de l'informatique dans toutes les « niches » de la vie sociale, professionnelle et familiale. Dans le passé, d'autres technologies ont indiscutablement marqué et modifié la vie de leurs contemporains, sur une période plus ou moins longue et ont contribué à des changements sociaux très profonds. On peut citer, entre autres, le train, l'électricité, l'automobile, l'avion, le téléphone, la chimie, etc. etc. Mais ce qui caractérise l'informatique, c'est qu'elle a envahi et investi de nombreuses autres technologies, pratiquement toutes, qui se sont progressivement « informatisées ».

La question du bilan des emplois créés ou perdus à cause de l'informatique est un vieux sujet de discussion, controversé, dans lequel je n'entrerai pas aujourd'hui. En lien direct ou indirect avec l'informatique, de nombreux nouveaux métiers ont été créés, tandis que d'autres, devenus obsolètes, ont pratiquement disparu. De nombreux facteurs autres que technologiques sont évidemment en cause, mais une chose est sûre, c'est que les bouleversements sont profonds sur le plan des emplois. Cela concerne non seulement les emplois et les métiers, les services, les méthodes et coûts de production, etc., mais également l'école, les programmes scolaires, les relations entre générations, entre parents et enfants, entre élèves et professeurs. Et bien d'autres.
Au sein même de l'informatique, les métiers ont changé. Ils se sont fortement diversifiés, des compétences nouvelles ont émergé, à différents niveaux de formation, de recrutement et de connaissances, comme en témoigne l'actuelle grille très hétéroclite des compétences recherchées lors d'embauches d'informaticiens.

Les congrès d'Ergo'IA ont suivi cette évolution. On s'en convainc facilement en relisant les communications des congrès précédents, qui reflètent au cours des années les préoccupations des ergonomes et des informaticiens concepteurs de nouveaux systèmes, mais aussi attentifs à des défauts observés ou aux différents problèmes soulevés par les applications professionnelles ou domestiques de l'informatique en général. J'ai évoqué les Actes des congrès Ergo'IA successifs : je vous invite à vous y reporter ! Vous remarquerez combien leur présentation même a changé au fil du temps, reflétant les progrès des imprimantes et des traitements de texte !

ÉVOLUTIONS DU TRAVAIL HUMAIN

Parallèlement au développement de l'informatique, le travail humain s'est largement transformé. D'ampleur variable selon les métiers, la transformation des métiers et du travail au sein des métiers est observable plus particulièrement dans les pays industrialisés, mais aussi, quoique de façon plus disparate, dans les autres pays où, pour certains d'entre eux tout au moins, l'informatique est devenue une source considérable d'emplois et de qualifications. N'oublions pas que la plupart des ordinateurs actuels ou au moins de leurs composants sont fabriqués dans les pays asiatiques, ainsi qu'une grande partie des logiciels.

S'ajoutant à des techniques d'automatisation et profitant au passage de réaménagements de postes et de locaux, l'informatisation a largement contribué à améliorer certaines conditions de travail, en particulier en diminuant des contraintes physiques. Sur ce plan, c'est un progrès dont on ne peut que se réjouir, sans oublier cependant que certains métiers demeurent physiquement très fatigants, y compris en France, *a fortiori* dans des pays moins industrialisés. En revanche, faisant moins appel à la force physique, mais davantage aux ressources perceptives, mnésiques et cognitives, l'informatisation a contribué à augmenter les contraintes mentales de nombreux postes de travail. Ces contraintes mentales parfois s'ajoutent à d'autres contraintes sur le plan physiologique, notamment sensorielles et posturales.

Au final, si la question du bilan des emplois perdus ou créés par l'informatique est loin d'être tranchée (j'en laisse le soin aux sociologues et aux économistes), la question de savoir si les conditions de travail globalement se sont améliorées ou dégradées sous l'impact de l'informatique est, elle aussi, loin d'être tranchée (j'en laisse le soin aux ergonomes). Car finalement, échanger des contraintes physiques contre des contraintes mentales n'est pas forcément, ni dans tous les cas, un progrès, surtout si les deux types de contraintes s'ajoutent. Par ailleurs, l'intensification du travail, observable dans de nombreux emplois, touchent tout autant les postes informatisés que les postes non informatisés. Outre un niveau d'études plus important qu'auparavant exigé, les formations complémentaires nécessaires ou les « recyclages » requis lors des évolutions technologiques, qui sont des obstacles sérieux pour certaines personnes, notamment vieillissantes (mais pas seulement), l'informatisation du travail n'est pas pour tout le monde un gain sur le plan des conditions de travail.

Mais ici encore, le bilan est faussé, car ce n'est pas la technologie seule qui est en cause, mais plutôt l'usage que l'on en fait. Bien d'autres facteurs interviennent évidemment, sociaux, organisationnels, économiques, politiques. L'intensification des tâches, la réduction des effectifs, les pressions de toutes sortes, les chantages à l'emploi, le stress qui en résulte, etc., dont les publications d'ergonomie font classiquement état, ne sont pas inhérents à la technologie informatique, mais plutôt à son usage. On pourrait même plutôt penser, sans doute naïvement, que si les machines font une part du travail, l'Homme devrait logiquement s'en mieux porter.

ÉVOLUTIONS DE L'ERGONOMIE

De l'évolution informatique et de l'évolution du travail humain, l'ergonomie elle-même, en tant que discipline, en a subi quelques effets. Observateurs patentés du travail humain, mais aussi co-acteurs de la conception (Béguin [4]), les ergonomes sont les témoins directs de ces changements, largement décrits dans la littérature spécialisée. Si, jusqu'aux années 70-80, les travaux des ergonomes étaient majoritairement orientés vers les contraintes physiques des postes de travail et des environnements, les centres d'intérêt au travers des demandes d'interventions et des recherches ont progressivement migré vers des questions touchant davantage à la cognition, au sens large, sans oublier évidemment que parfois même des postes hautement informatisés, ne sont pas exempts de contraintes physiques !

À mesure que l'informatique s'étendait à presque tous les métiers, pénibles ou non, dangereux ou non, dans ou hors des ateliers de production, pour toucher les services les plus divers, du transports, de la distribution, de la santé, etc., les ergonomes ont élargi leur palette d'investigation. Pour y retrouver parfois les mêmes questions, les mêmes problèmes, à propos d'adaptations de postes ou de réaménagements de locaux, d'écrans d'ordinateurs, d'IHM, d'applications récalcitrantes ; parfois aussi pour découvrir, notamment dans certaines PME, la réalité de conditions de travail qui, informatisées ou non, n'ont rien à envier en difficulté ou en pénibilité à celles que l'on s'attend plus classiquement à rencontrer dans des ateliers de production. En élargissant leur palette d'interventions, les ergonomes ont élargi leur palette de points de vue et de méthodes.

Dans le même ordre d'idée, l'extension de l'ergonomie a porté aussi sur des situations non professionnelles, en particulier domestiques. Les ergonomes ne sont pas seulement intéressés par des questions touchant à des situations de travail au sens strict. Des applications ergonomiques hors travail professionnel existaient, certes, depuis de nombreuses années, même avant l'essor de l'informatique, mais pour une part notable, l'extension de l'ergonomie hors travail professionnel a été amplifiée par l'extension de l'informatique elle-même appliquée hors situations professionnelles. Entre autres exemples, on peut citer des applications ludiques, artistiques ou didactiques à l'école ou au domicile ; la télématique et ses diverses applications dans les logements ; les aides techniques à des personnes handicapées ou très âgées ; la conduite automobile et notamment l'informatique embarquée dans les voitures, mais aussi dans les avions, trains, bateaux, camions, etc.

L'informatique a également eu, en ergonomie, un autre type d'impact que celui d'un simple élargissement des situations étudiées. La diminution des interventions ergonomiques centrées sur des contraintes physiques et corrélativement l'augmentation du nombre d'interventions centrées sur des aspects cognitifs ont conduit à des changements dans le recrutement et la formation des étudiants en ergonomie. Alors qu'aux débuts de l'ergonomie (francophone, notamment) les physiologistes et les médecins étaient les plus nombreux, les psychologues y sont devenus majoritaires. Parmi les physiologistes, certains ont également trouvé des champs d'intervention liés à l'informatisation : problèmes visuels liés aux écrans, problèmes posturaux, aménagements des locaux, stress, etc. Néanmoins, à partir du milieu de la décennie 80, et plus encore dans les années suivantes, le nombre de psychologues parmi les ergonomes a énormément progressé. Peut-être un peu trop. Les offres de formation universitaire ont suivi la même évolution. Peut-être un peu trop aussi. On ne peut pas cacher qu'actuellement, trop d'ergonomes diplômés ne trouvent pas d'emploi, ou du moins pas d'emploi dans la discipline.

Pour autant, la profession d'ergonome ne se divise pas en 2 parties, les physiologistes et les psychologues, ni entre ceux qui sont intéressés par l'informatique et les autres. En fait, il y a de nombreuses « niches » de spécialités ergonomiques (dont certaines ne se retrouvent pas forcément dans les congrès d'Ergo'IA), spécialités qui sont plus ou moins imbriquées, plus ou moins autonomes. L'ouvrage collectif, intitulé simplement ERGONOMIE, édité sous la direction de Pierre Falzon [9], donne une bonne idée de cette diversité, mais aussi des liens entre les différentes spécialités au sein de l'ergonomie.

Les informaticiens aussi ont, vis-à-vis de l'ergonomie, évolué. Non pas tous, certes, mais on peut aussi dater de la fin des années 80, le début d'une meilleurs connaissance (ou reconnaissance) de l'ergonomie dans les mieux professionnels de l'informatique. En témoigne en premier lieu la création d'Ergo'IA et son succès pérenne, qui ne s'explique que parce que des informaticiens sont intéressés.

Si certains ergonomes sont eux-mêmes devenus informaticiens, inversement certains informaticiens se sont sérieusement formés à l'ergonomie. Et, d'une façon plus générale, l'idée (au demeurant assez banale, quoique..) a progressivement fait son chemin selon laquelle pour concevoir une bonne application informatique, il faut se soucier du mode de fonctionnement de ceux qui en seront les utilisateurs. Je reviendrai sur ce point plus loin. Cependant, on peut déplorer que dans la formation des ingénieurs et des informaticiens, la place de l'ergonomie et, plus globalement, la place de l'étude du Facteur Humain soit encore actuellement si limitée, toutes Ecoles ou Universités confondues, à quelques exceptions près.

DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE A L'INFORMATIQUE AVANCEE

En 1988, l'IA du sigle Ergo'IA signifiait bien Intelligence Artificielle et ce n'est qu'à partir du 2ème congrès qu'IA a signifié Informatique Avancée. C'est en 1987, en fait, que l'idée d'organiser une rencontre entre des ergonomes et des spécialistes de l'Intelligence Artificielle a pris naissance, idée que m'ont proposé deux de mes anciens étudiants du DESS d'ergonomie (Université Paris Descartes), Raymond LuCongSang et Philippe Nouvellon.

A cette époque, l'Intelligence Artificielle sortait des sphères académiques et commençait alors à pénétrer l'industrie. On parlait déjà beaucoup des systèmes-experts, des réseaux neuronaux, du traitement automatique de la parole, de la reconnaissance des formes, de l'enseignement « intelligemment » assisté par ordinateur, d'IHM intelligentes, etc. On leur prédisait un grand avenir. Le mot « intelligence » était déjà conjugué à diverses sauces et des compétitions étaient lancées entre l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle. Les spécialistes de l'IA depuis quelques années rivalisaient de prophéties sur l'avenir des « machines intelligentes », qui allaient faire ceci et cela, battre aux échecs les meilleurs champions du monde, remplacer avantageusement les meilleurs experts dans tous les domaines, simuler les cerveaux les plus intelligents, etc. On sait maintenant que les succès ont été réels mais modestes.

Cependant, en 1983, la ville de Lille inaugurait avec succès un métro totalement automatique (le Val). On construisait des avions réputés de plus en plus « intelligents » et dont les instruments de pilotage étaient affichés sur des écran (concept de *glass-cockpit*). Souvenons-nous que le premier avion Airbus A320, présenté au public en 1987, a été mis en service en 1988. Mais cet avion faisait l'objet de craintes chez les pilotes d'avions conventionnels. Le crash d'Habsheim, le 26 juin 1988, fut à l'origine de polémiques sur les causes du crash (faute de pilotage ou défauts de l'avion lui-même ?), mais aussi sur les dangers du pilotage semi-automatisé de cet avion, en particulier concernant le mode très critiqué de pilotage à deux pilotes au lieu de trois, et concernant aussi le niveau jugé excessif de l'informatique embarquée.

L'année suivante, le 20 janvier 1992, l'accident du Mont Sainte Odile (au lieu-dit La Bloss, faisant 87 morts, 9 rescapés), concernait également un Airbus A320 et fera rebondir la polémique, qui n'est d'ailleurs pas totalement close, puisque les causes précises de l'accident restent hypothétiques. Il y a eu erreur de pilotage, mais pourquoi ces pilotes expérimentés ont-ils fait ces erreurs-là ? Le faisceau des éléments ayant pu conduire à cette catastrophe est très complexe : humains, techniques, organisationnels, réglementaires, etc. Quelques ergonomes n'ont d'ailleurs pas manqué d'avancer diverses explications plausibles, fondées ou non, qui soulignent en tous cas la difficulté, voire la dangerosité, de certaines formes de coopération entre les pilotes et les composants « intelligents » de l'avion. En particulier, la difficulté de comprendre certaines réactions de la machine, d'être conscient de ce que la machine fait, veut ou va faire, machine qui peut induire de fausses représentations mentales ou même prendre des décisions contraires à ce que les pilotes veulent faire. Le propos peut être étendu à d'autres situations de travail, en particulier pour la conduite de process industriels où hommes et ordinateurs partagent certaines fonctions intelligentes de responsabilité.

Tout ceci pour dire qu'en 1987, l'IA avait le vent en poupe et l'idée d'organiser un colloque réunissant en 1988 ergonomes et informaticiens sur ce sujet me parut d'emblée excellente, d'autant plus que l'IA était la spécialité du DEA d'informatique que j'avais moi-même obtenu quelques années auparavant. Je voyais de nombreux liens avec l'ergonomie. Un premier

problème à surmonter, vite surmonté d'ailleurs, fut celui du parrainage. Un second problème, vite surmonté également, fut celui de l'organisation.

À cette époque, tout colloque d'ergonomie se devait d'être parrainé par la SELF, la Société d'Ergonomie de Langue Française (notons que le parrainage de la SELF, entre autres parrains, n'a fait défaut à aucun des congrès Ergo'IA). Il fallait donc obtenir le feu vert de la SELF. Nous l'obtînmes facilement, avec l'enthousiasme du Président de la SELF d'alors, le Dr Jacques Christol, que le travail d'ergonome de terrain mettait en contact avec l'évolution du travail et son évidente informatisation croissante. Jacques Christol fut d'emblée convaincu de l'intérêt d'un colloque réunissant ergonomes et informaticiens. Le choix d'un Président pour ce premier congrès, dont on ne pensait pas alors qu'il serait pérenne, se porta sur Alain Michard, psychologue ergonome et chercheur à l'INRIA. Pour l'organisation, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bayonne Pays Basque s'est chargée de tout (ceci également pour l'ensemble des congrès successifs). Je tiens à souligner que les Présidents de cette CCI ont toujours marqué leur soutien à cette manifestation, mais il faut tout particulièrement remercier Michèle Rouet, qui a indéfectiblement assuré l'organisation de tous les congrès.

Après le premier Ergo'IA, la question a été posée et discutée de savoir s'il fallait continuer ou s'en tenir à cette première rencontre, s'il fallait ou non maintenir la localisation à Biarritz (ou environs), s'il fallait ou non fusionner avec telle autre organisation, s'il fallait ou non maintenir une rencontre tous les 2 ans, etc. Comme vous le savez, Ergo'IA a su garder son rythme, son indépendance et sa localisation initiale. Il fut également décidé que les Présidents du Conseil Scientifique alterneraient entre chercheurs et praticiens, entre universitaires et professionnels, si possible entre femmes et hommes, entre français et étrangers, et que la fonction serait partagée avec des co-présidents, ceci afin d'équilibrer lors de chaque congrès la représentation des universitaires, enseignants et chercheurs, industriels, praticiens, etc. et de veiller à ce que les congrès soient largement ouverts aux jeunes chercheurs.

Il est apparu assez rapidement, en fait dès le 2ème congrès en 90 mais surtout à partir du 3ème en 92, que si l'Intelligence Artificielle était, certes, au cœur de plusieurs problématiques intéressant l'ergonomie, notamment la question des méthodes d'extraction de connaissances et de recueil d'expertise, mais aussi au cœur de technologies d'interface Homme-Machine, il fallait élargir le champ à des questions plus larges, touchant notamment à la conception d'IHM novatrices, de plus en plus interactives, faisant appel à des concepts d'IA entre autres, mais aussi à d'autres concepts comme le multimédia et la communication multimodale, etc. D'autres sujets étaient au cœur des préoccupations de l'époque (actuellement encore, d'ailleurs), en particulier l'automatisation partielle de certains postes de travail et les aides à l'opérateur, l'enseignement assisté par ordinateur, etc. Présidant le 3ème congrès, en 92, Jean-paul Denier [6] justifiait le passage, déjà établi depuis le congrès précédent, entre IA comme Intelligence Artificielle et IA comme Informatique Avancée. Il soulignait, en particulier, une vision réaliste des avancées réelles mais modestes de l'Intelligence Artificielle, et la nécessité d'élargir le propos.

Si les IHM sont apparues comme constituant l'un des thèmes phares de tous les congrès Ergo'IA, comme en témoigne le grand nombre de communications sur ce sujet présentées dans chaque congrès, il ne fallait pas non plus s'y limiter. N'oublions pas qu'en 1988 également, avait été créée l'AFIHM, l'Association Francophone d'Interaction Homme Machine (qui a aussi fêté ses 20 ans cette année), association dont sont membres nombre de participants réguliers à Ergo'IA. Tout en gardant de bons rapports entre les deux types de manifestations, il fallait être conscient des différences entre les deux associations, sauf à fusionner purement et simplement (cette question fut principalement discutée lors de notre 7ème congrès, en 2000, qui a été commun aux deux associations, à Biarritz). D'un commun accord, les deux associations sont rester indépendantes.

AU CŒUR DES SYSTEMES, L'HUMAIN, L'OPERATEUR, L'UTILISATEUR, L'USAGER…

IA, donc, comme Informatique Avancée ! Ce n'est évidemment pas une nouvelle spécialité se plaçant parmi les différentes spécialités déjà nombreuses de l'informatique. Le sigle n'a pas d'autre signification que de souligner que l'axe fort des congrès Ergo'IA est attaché à une informatique en marche, sur tous les aspects touchant à la conception de produits innovants en interaction avec les comportements humains.

Le concept de Système, - que traite fort savamment Daniel Gallareta au cours de ce même congrès -, est donc sous-jacent, car toute application informatique s'inscrit dans un ensemble plus ou moins complexe de composants techniques, humains, économiques et sociaux, quel que soit le domaine d'application, professionnel ou domestique (Faisandier, [8]). Même les tenants d'une forte automatisation ne peuvent contester que l'Humain soit *au cœur des systèmes et de leur développement*. Les divergences portent sur la place qu'il faut assigner à l'Humain. Les uns considèrent que « le maillon faible » d'un système Homme-Machine, c'est l'Homme, et qu'il faut, si possible, l'éliminer grâce à une automatisation radicale. A défaut de savoir l'éliminer, c'est-à-dire à

défaut de savoir automatiser complètement, il faut en limiter les errements toujours possibles, forcément nuisibles.

Evidemment, les ergonomes ne sont pas de cet avis, même et surtout à propos de l'Erreur Humaine. Non pour nier que des humains fassent des erreurs, - c'est une évidence, quoique rares soient les erreurs humaines qui aboutissent à des catastrophes -, mais pour replacer l'Erreur Humaine dans le cadre complet de l'activité humaine dans les systèmes, activité qui peut aboutir à des erreurs, en effet, mais qui induit aussi des comportements réellement intelligents et parfois salvateurs, à condition que les acteurs humains aient reçu une formation adéquate et disposent d'une marge de manoeuvre suffisante. Si l'Opérateur Humain est incompétent par défaut de formation, alors la solution doit porter sur la formation. Supprimer tout opérateur humain en automatisant à outrance n'est pas forcément une bonne solution, particulièrement sur le plan de la sécurité.

Par ailleurs, des prescriptions de sécurité sont nécessaires, mais à trop prescrire, on diminue l'efficience et la sécurité (Amalberti, [1], [2]). Mais il faut aussi concevoir les machines de façon à ce qu'elles n'induisent pas elles-mêmes des erreurs humaines, mais au contraire peuvent « barrer la route » à certaines erreurs ou même peuvent les « récupérer ». C'est le sens d'une bonne coopération Homme-Machine.

La question de la fiabilité des systèmes passe, de toute façon, par celle de la fiabilité humaine, vaste question ayant donné lieu depuis longtemps à une abondante littérature et à de perpétuels débats (Reason [13], Leplat [11], etc.). Elle est au cœur des décisions d'automatisation lors des nouveaux projets industriels, surtout dans le domaine des grands systèmes à risques (nucléaire, aviation, transports d'une façon générale, mais aussi industries chimiques). Les arguments des ergonomes sont centrés sur l'idée que la fiabilité doit s'évaluer non seulement en prenant en compte les erreurs des opérateurs mais aussi leurs actions salvatrices.

Pour beaucoup d'ingénieurs, d'automaticiens et d'informaticiens, heureusement la question de l'interaction Homme-Machine ne se pose pas en termes d'automatisation excessive, mais en termes de coopération intelligemment partagée. Je reprends la formule excellente de la plaquette d'invitation de ce 11° Ergo'IA : *Depuis 20 ans, Ergo'IA a été le cadre francophone d'échanges conduisant à la constitution d'une communauté qui s'est élargie à d'autres domaines avec la volonté de s'enrichir mutuellement et de progresser ensemble.*

UTILISATEUR OU OPERATEUR ?

Les premières lignes de la plaquette d'invitation à laquelle je viens de faire allusion font également référence à la notion de *conception centrée utilisateur*, qui est maintenant largement connue, à défaut d'être parfaitement mise en œuvre. Cependant, la notion même d'*utilisateur* mérite réflexion, ainsi que *la prise en compte* de ses *caractéristiques*. Quelles caractéristiques ?

Jadis, dans les premières années de l'ergonomie, c'est-à-dire au milieu du XX° siècle, un concept fort parmi les ergonomes, et notamment chez ceux travaillant à la conception de machines et de postes de travail, a été celui de « Systèmes hommes-machines », titre d'un ouvrage célèbre de Maurice de Montmollin [12] en 1967, mais l'expression est largement antérieure. Ce concept, par la suite critiqué comme trop réducteur, avait cependant l'intérêt de définir les limites des cadres d'analyse et d'attirer l'attention des concepteurs sur les caractéristiques des différents composants techniques qui devaient être « compatibles », - notion ergonomique essentielle -, avec les caractéristiques (surtout sensorielles et motrices) des humains. Les manuels d'ergonomie précisaient les caractéristiques humaines à prendre en considération pour la conception des commandes et des afficheurs, les dimensionnements et l'environnement physique des postes de travail.

Le terme qui était essentiellement utilisé à l'époque par les ergonomes était celui d'*opérateur humain*, plutôt que celui d'*utilisateur*, qui est maintenant plus largement utilisé dans les milieux des concepteurs, surtout en informatique. Les ergonomes de terrain, encore maintenant, ne négligent cependant pas l'emploi du mot *opérateur*. Les deux termes ne sont pas synonymes et leur distinction mérite que l'on s'y arrête un instant. Dirait-on qu'un pilote d'avion est utilisateur du cockpit ? qu'un conducteur de train est utilisateur de sa cabine ? Mais on dit utiliser une IHM plutôt qu'opérer une IHM…

L'opérateur est utilisateur des outils et des machines au sens large qu'il emploie, mais ce faisant il est d'abord « opérant », c'est-à-dire que son activité est orientée par les objectifs qu'il veut atteindre. La « compatibilité », évoquée plus haut, se comprend et doit être évaluée en fonction de ces objectifs et non pas seulement en fonction du mode de fonctionnement des organes sensoriels, moteurs ou cognitifs. Ceci conduit forcément à élargir le cadre de l'analyse de l'ensemble des activités opératoires à l'environnement de travail, aux liens avec les autres opérateurs, et à l'inter-compatibilité entre les différentes machines utilisées par un même opérateur et, au-delà de l'individu, utilisées par une équipe de travail. Quand on fait l'ergonomie d'un poste de travail, la première interrogation qui tombe sous le sens est celle des buts du poste, des modes opératoires, des informations

échangées et des liaisons avec les autres postes et autres opérateurs (l'ergonomie des premiers temps, en effet, portait quasi exclusivement sur le travail).

L'utilisabilité de tel ou tel composant du poste a son importance, bien entendu, mais celle-ci doit être rapportée à l'ensemble des éléments constitutifs du système. De plus, l'opérateur d'un système est généralement utilisateur non pas d'un seul mais de plusieurs « outils » différents, qui généralement ont été conçus indépendamment les uns des autres, au risque d'une certaine hétérogénéité. Si l'on se limite à l'ergonomie d'un élément isolé et détaché de son contexte réel d'emploi, ou d'un outil parmi d'autres, le gain d'optimisation peut être illusoire.

L'emploi excessif du mot utilisateur (*vs* opérateur) peut conduire à restreindre le champ de vision des concepteurs aux seuls liens impliqués par l'objet lui-même en cours de conception, au détriment d'un champ élargi aux autres objets qu'utilise l'opérateur, objets divers qui, en effet, dans un processus de conception donné, se situent généralement hors du champ de vision des concepteurs. On comprend donc cette réduction, mais elle n'en reste pas moins une réduction. De nombreux logiciels, par exemple, peuvent être appliqués dans des contextes et cadres d'utilisation fort divers et pour des objectifs à atteindre différents. Ces cadres, ces contextes, ces objectifs ne sont même pas toujours connus des concepteurs. Et ceux-ci ne connaissent pas non plus, sauf exception, les autres outils, informatiques ou non, utilisés conjointement.

Le risque de ne prendre en compte qu'une partie du système est donc évidemment amplifié lorsqu'il s'agit d'applications grand public, hors postes de travail *stricto sensu*, car dans le cas des postes de travail circonscrits, on peut au moins espérer que les concepteurs voudront bien adopter une démarche d'analyse globale (systémique). Notons qu'à défaut d'une approche dite *écologique*, certaines méthodes d'évaluation de machines ou de logiciels (tests-utilisateurs) peuvent malheureusement rester en dehors des cadres réels d'utilisation et n'évaluer en fait qu'une utilisation restreinte, voire irréaliste.

UNE CONCEPTION « CENTREE » UTILISATEURS ?

Quels que soient les termes utilisés, l'ergonomie professe que tout système technique doit être conçu pour être compatible avec les caractéristiques des humains qui l'utilisent (ou plutôt qui « opèrent avec »). Encore faut-il préciser quelles sont les caractéristiques à prendre en considération, à défaut de ne pouvoir les prendre toutes. L'utilisateur (mais également l'opérateur) doit-il toujours être le mètre étalon d'une bonne conception ? quand il n'apprécie pas telle innovation, a-t-il toujours raison ? Son opinion sur l'intérêt ou non de telle innovation est-elle toujours fondée ? En d'autres termes, jusqu'à quel point le concepteur doit-il innover ?

Une conception anthropocentrée implique à l'évidence une recherche de compatibilité avec les caractéristiques humaines motrices, sensorielles, cognitives, etc. C'est le sens premier de l'expression « conception centrée utilisateurs ». De même, si l'on admet la distinction entre utilisateur et opérateur, il faut que la conception ne fasse pas l'impasse sur les caractéristiques de l'activité, sur les objectifs, sur les contraintes d'environnement, etc. Il est tentant de penser aussi que la conception de tout artefact doit également répondre à un réel *besoin* des utilisateurs ciblés.

Pourtant, quand on regarde l'histoire des grandes avancées technologiques, informatique y compris, on voit que peu d'entre elles sont issues d'un besoin clairement exprimé par des utilisateurs potentiels. La plupart du temps, le besoin s'est lui-même créé et amplifié ultérieurement, et parfois les concepteurs eux-mêmes n'avaient pas prévu l'usage ultérieur, son développement et l'impact sociétal. Cela justifie, au moins sur ce point, l'idée exprimée par Folcher et Rabardel [10] selon laquelle l'utilisateur est un co-concepteur. « La conception apparaît comme un processus distribué et d'apprentissage mutuel entre des acteurs multiples, utilisateurs, ingénieurs, designers, ergonomes, marketeurs…, eux-mêmes confrontés à des situations très différentes, depuis l'usage jusqu'à la conception instrumentale » (p. 265). Ces auteurs soulignent que « la conception anthropocentrée ne signifie pas que l'on doive adhérer sans restriction à ce qu'est ou ce que souhaite l'utilisateur à un moment donné » (p. 266).

Pour les technologies très nouvelles, dites émergentes, que les utilisateurs ne connaissent pas et dont ils n'ont pas, par conséquent, d'expérience antérieure, la notion de besoin est floue. Interrogés sur l'utilité attendue, ils n'ont guère d'opinion ou elle est peu fondée. Placés en situation d'utilisateurs d'un prototype encore immature, ils ont généralement beaucoup de difficulté à se représenter ce que sera le produit terminé. Même avec un prototype très avancé ou même avec le produit final, leurs comportements durant les tests ou les premières utilisations sont biaisés par leur inexpérience et les performances observées sont donc peu significatives. Ce point questionne la méthodologie d'évaluation des prototypes au moyen de tests-utilisateurs (Anastassova [3]).

Même quand ils ont des besoins clairement explicités, les utilisateurs n'établissent pas facilement le pont avec l'objet technologique pouvant y répondre le mieux. Concernant les personnes handicapées, par exemple, qui ont assurément des besoins réels en matière d'aides techniques, leurs souhaits sont parfois très décalés vis-

à-vis de la technologie appropriée. Leurs exigences peuvent parfois être très pauvres ou au contraire complètement irréalistes. J'ai pu observer également, dans le cadre de la conception de salles de contrôle de process utilisant de nouvelles technologies très innovantes d'IHM et d'aide à l'opérateur, que la participation d'opérateurs à des groupes de travail réunissant futurs utilisateurs et concepteurs pouvait être faiblement constructive, dans la mesure où les opérateurs se représentaient mal la future installation.

Il n'en est pas de même lorsque les opérateurs (ou utilisateurs, si l'on préfère) ont une bonne représentation du futur système et de la technologie qui s'y rapporte. Lorsqu'il s'agit de technologies déjà bien connues, les utilisateurs peuvent avoir à la fois une opinion, une expérience, un cadre référentiel d'usage, etc. et leur participation peut alors être constructive (Darses et Reuzeau, [5]). Néanmoins, un nouveau système devra toujours plus ou moins vaincre la barrière des habitudes déjà établies. Il n'est pas rare que les utilisateurs ne voient aucun avantage à des innovations technologiques, ou même préfèrent une ancienne version. Mais cette opinion évolue et les avantages, si ce sont vraiment des avantages, finissent par être reconnus. Souvenons-nous qu'à l'arrivée du Macintosh, beaucoup d'informaticiens sérieux trouvaient l'idée intéressante, mais plus ludique que « professionnelle ». De même, à la conception de l'A320, beaucoup de pilotes expérimentés l'avaient d'abord déclaré « impilotable », avant de s'y rallier finalement. C'est maintenant l'un des avions les plus utilisés dans le monde.

ÉVOLUTION DANS LA MANIERE DE CONCEVOIR DES SYSTEMES ?

Y a-t-il une évolution significative, depuis 20 ans, dans la manière de concevoir des grands systèmes socio-techniques ? On ne conçoit plus une voiture, un avion, une usine ou un gros logiciel comme il y a 20 ans. Il y a évidemment de nouvelles méthodes de gestion des équipes de projet, utilisant les technologies nouvelles de communications interactives, de gestion de la documentation, etc. La Conception Assistée par Ordinateur, notamment, est maintenant très répandue dans certains domaines, en mécanique, travaux publics et bâtiments, conception de micro-électronique, etc. En informatique, il y a de nouvelles méthodes de développement des logiciels, comme, par exemple, des outils de prototypage d'IHM (Vanderdonckt et Coyette, [14]). Tout ceci a donc considérablement fait changer les performances, les méthodes, les compétences et l'organisation des équipes-projets. Il semble aussi que des ergonomes soient maintenant plus souvent associés à des projets de conception qu'il y a 20 ans, surtout dans les phases terminales d'évaluation.

Pour autant, au-delà de l'évolution des outils et des technologies à la disposition des concepteurs, y a-t-il un progrès réel dans la prise en compte du Facteur Humain dès les phases initiales des projets ? Très franchement, je n'en sais rien. J'ai cependant tendance à penser que l'on n'a pas beaucoup progressé. Je m'appuie sur nombre de communications que j'ai relues dans les Actes des précédents Ergo'IA, qui, s'agissant de problèmes de conception, au fil des ans renvoient toujours aux mêmes difficultés, aux mêmes principes à rappeler, aux mêmes obstacles à surmonter. La littérature ergonomique ancienne et récente traitent largement de ces difficultés.

On peut d'ailleurs noter une augmentation importante des recherches ergonomiques depuis quelques années portant sur les projets de conception, sur le rôle et les méthodes de l'ergonomie de conception, voire même sur les processus cognitifs des concepteurs eux-mêmes. Par exemple, plusieurs des chapitres du livre collectif de Falzon [9] sont consacrés à des questions touchant à la conception en divers domaines (projets informatiques, architecture, produit domestiques, postes de travail, etc.). Mais la pénétration difficile de l'ergonomie et de ses valeurs chez les concepteurs est soulignée.

En particulier, les ergonomes déplorent d'être appelés trop souvent à intervenir tardivement dans la conception, faute que leur rôle dans les étapes initiales soit bien cadré par les concepteurs. Ceux-ci, au mieux, confient plus volontiers à des ergonomes la tâche ingrate d'évaluations en aval, mais négligent les apports d'analyses ergonomiques à faire en amont, considérées comme trop lentes et inutilement coûteuses. Parfois, l'ergonomie est limitée à des normes existantes. En général, les concepteurs ne voient pas trop l'intérêt d'aller sur le terrain analyser l'existant, surtout si le projet de conception a pour but de changer fortement ce qui existe. Mais ils se privent alors de connaissances essentielles, en particulier quant à l'acceptabilité du nouveau produit.

Le programme de recherche pluri-équipes du GIPC-PROSPER en 1998-2002, coordonné par l'INRS, co-financé par le CNRS et l'INRS (Fadier *et al.* [7], a eu pour objectif d'étudier « *l'intégration des conditions d'usage dans la conception des systèmes de travail pour la prévention des risques professionnels* ». L'un des volets a consisté à étudier chez un constructeur de grosses machines pouvant être dangereuses les méthodes de conception utilisées et l'organisation des différents acteurs de cette conception. L'autre volet a consisté à analyser parallèlement sur le terrain les dites machines telles qu'elles sont réellement utilisées. Et l'une des questions était de savoir dans quelle mesure les concepteurs connaissaient les conditions d'utilisation réelle, et notamment les écarts aux prescriptions, et comment, en tant que concepteurs, ils s'attachaient à tenir compte de la réalité observable sur le terrain.

Les analyses faites ont montré deux mondes : celui des concepteurs, un peu idéalistes quant à l'utilisation réelle de leurs machines, et celui des entreprises clientes, soucieuses avant tout de leurs impératifs de production. Un détail révélateur de cette dualité : le constructeur ne connaissait pas le nombre d'accidents survenus sur leurs machines dans différentes entreprises clientes ! C'est, en effet, une donnée que les entreprises ne donnent pas systématiquement aux concepteurs, pour diverses raisons, sauf en cas d'accident très grave ou de défaillance technique avérée. La systématisation des retours d'expérience, les REX, peut pourtant être une voie de remontée des informations de la base des opérateurs jusqu'aux services chargés de l'organisation et de la maintenance dans les entreprises, et du terrain jusque chez les concepteurs / constructeurs. Mais les REX, encore rares, ne fonctionnent pas toujours bien.

Enfin, les projets de conception répondent-ils toujours à des besoins réels ? Lors du dernier Ergo'IA 2006, Faisandier [8] faisait à cet égard état d'un certain pessimisme: « Qui dirigent les entreprises aujourd'hui : les ingénieurs, les avocats d'affaire, les vendeurs, les directeurs financiers, les actionnaires ? très souvent, sous la pression des résultats économiques espérés, les directeurs (hors du domaine technique) veulent voir une solution réalisée immédiatement : ce problème mène à des solutions rapidement retenues et rédigées avant de définir les besoins les justifiant » p. 29).

Ceci me permet de conclure qu'Ergo'IA et les valeurs qui y sont développées, en particulier la place du Facteur Humain dans la conception des systèmes, ont encore un grand avenir…

BIBLIOGRAPHIE

1. Amalberti, R. De la gestion des erreurs à la gestion des risques. *In* P. Falzon, *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004, pp. 285-300.

2. Amalberti, R. Violations et migrations ordinaires dans les activités à risques : conséquences pour la résilience globale et la gestion du retour d'expérience en entreprise. *Actes Ergo'IA* 2006.

3. Anatassova, M. L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergentes. Le cas de la Réalité Augmentée pour la formation à la maintenance automobile. *Thèse de doctorat en ergonomie cognitive*, Université Paris Descartes, 2006.

4. Béguin, P. L'ergonome, acteur de la conception. *in* P. Falzon, *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004, pp. 375-390.

5. Darses, F. et Reuzeau, F. Participation des utilisateurs à la conception des systèmes et dispositifs de travail. *in* P. Falzon, *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004, pp. 405-420.

6. Denier, J.P. Les enjeux d'Ergo'IA 92. *Actes Ergo'IA,* 1992.

7. Fadier, E., Neboit, M. et Ciccotelli, J. Intégration des conditions d'usage dans la conception des systèmes de travail pour la prévention des risques professionnels. INRS, Note technique format PDF, NS 2237, 2004

8. Faisandier, A. Génie système : à la croisée de la science et de l'art. *Actes Ergo'IA*, 2006.

9. Falzon, P. (sous la dir. de). *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004.

10. Folcher, V. et Rabardel, P. Hommes, artefact, activités : perspective instrumentale, *in* P. Falzon, *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004, pp.251-268.

11. Leplat, J. *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*, Armand Colin, Paris, 1985.

12. Montmollin, M. (de). *Les systèmes hommes-machines*. PUF, Paris, 1967.

13. Reason, J. *Human Error*, Cambridge Univ. Press, 1990 (trad. Française : L'erreur Humaine , PUF, Paris., 1993).

14. Vanderdonckt, J. et Coyette, A. Vers un prototypage des interfaces graphiques incluant vraiment l'utilisateur final. *Actes Ergo'IA,* 2006.

15. Vogel, C. Le phénomène Internet. *Actes Ergo'IA,* 1996.

Evaluations en conception

Régis Mollard
Ergonomie, Comportement et Interactions (EA 4070)
Université Paris Descartes
45 rue des Saints-Pères
75 270 Paris Cedex 06
regis.mollard@parisdescartes.fr

RESUME
La question de l'évaluation en conception demeure un sujet d'actualité, quelle que soit la complexité du produit, de l'équipement ou du système concerné. De l'équipement individuel, au poste de travail jusqu'aux systèmes complexes, il est nécessaire de s'assurer de l'adéquation de nouvelles fonctions aux capacités des opérateurs pour une interaction homme-système efficace et fiable. Les évaluations à réaliser vont faire appel à des approches reposant sur des méthodes en évolution constante pour tenter non seulement de valider des choix de conception, mais de plus en plus d'en prédire les risques à l'usage.

MOTS CLES : Mannequins numériques, tests utilisateurs, méthodes d'évaluation, méthodes de prédiction.

ABSTRACT
The question of evaluating design remains a key issue, regardless of the complexity of the product, equipment or system concerned. The equipment, the workstation to complex systems, it is necessary to ensure the adequacy of new functions with the capabilities of operators for a man-system efficient and reliable. The evaluations will perform to appeal to approaches based on constantly changing methods in an attempt not only to validate design choices but more and more to predict the risk to use.

KEYWORDS : Digital man models, fit tests, evaluation methods, methods of prediction.

INTRODUCTION

Ce texte traite, au travers de quelques cas, de la question des approches possibles pour, en cours de conception, évaluer les apports de la nouveauté dans des produits, équipements, outils et dispositifs variés, postes de travail ou systèmes complexes. Cette question se pose naturellement de manière différente selon que l'on s'adresse à une évolution mineure d'un équipement ou à l'opposé à une transformation majeure d'un système avec l'introduction de fonctionalités nouvelles, souvent couplées à l'automatisation de certaines tâches.

Trois approches seront discutées :

- La validation de la qualité ergonomique d'équipements individuels et de poste d'activité (poste de conduite ou de pilotage, poste de travail à écran),
- L'évaluation de choix d'automatisation et de répartition de tâches sur la charge de travail des opérateurs,
- Les tentatives de prédiction des défaillances du couplage homme-système pour une meilleure conception centrée utilisateur.

VALIDATION DE LA QUALITE ERGONOMIQUE D'EQUIPEMENTS OU DE POSTES D'ACTIVITÉ

Dans les deux cas, on va traiter en priorité des questions relevant de l'ergonomie physique avec le recours à des moyens d'évaluations reposant soit sur des tests utilisateurs soit sur des simulations à l'aide de mannequins numériques.

La prise en compte des aspects morphologiques des utilisateurs dans les étapes de conception d'un produit ou d'un poste d'activité n'est aujourd'hui remise en cause par personne. Toutefois, la tendance est encore, dans bien des cas, à résumer les questions de diversité morphologique et biomécanique à quelques normes ou abaques, devant apporter instantanément toutes les réponses à des questions souvent complexes. S'accrocher à cette idée ne peut conduire qu'à des solutions médiocres, voire des échecs, sur le plan ergonomique.

Le transfert des connaissances et le dialogue entre ergonomes et concepteurs demeurent en fait toujours d'actualité. Ne doit-on pas s'interroger sur la persistance de l'usage dans les bureaux d'études des seules valeurs du poids et de la stature comme mesures de référence pour constituer des échantillons d'opérateurs devant tester un poste de travail assis ou un poste de conduite. La prise en compte de la hauteur yeux-siège, de la longueur fesses-genoux et de la longueur des membres supérieurs ... devrait pourtant être intuitive!
Il en va de même pour l'utilisation de modèles homothétiques 5 %, 50 % et 95 %, censés représenter des opérateurs petits, moyens et grands, pour on ne sait trop quelle mesure pertinente. Il paraît plus judicieux pour définir les besoins de réglage d'un poste de travail ou de conduite d'étudier, par exemple, la variabilité de la taille assis et de la longueur des membres inférieurs. La même démarche peut s'appliquer aux définitions d'équipements

individuels en privilégiant les mesures les plus adaptées pour dimensionner le produit à créer [1].

La nécessité de disposer pour des études ergonomiques de représentations modélisées des opérateurs a conduit depuis plusieurs décennies de nombreuses équipes à proposer des modèles plus ou moins élaborés du corps humain. Cette démarche a été conjointe à la mise en place de bases de données en anthropométrie et biomécanique afin de fournir à ces modèles les informations nécessaires tant à leur dimensionnement qu'à leur principe de fonctionnement. Avec les progrès de la technologie, ces modèles deviennent, en apparence tout au moins, de plus en plus réalistes. L'interactivité, le rendu réaliste, l'animation de systèmes polyarticulés, la gestion des collisions entre solides ... toutes ces nouvelles fonctionnalités rendent plus aisée l'utilisation de ces modèles lors d'évaluations ergonomiques.

Parallèlement au développement de ces applications informatiques, on a assisté à une évolution dans les possibilités de quantifier les formes corporelles. L'anthropométrie en trois dimensions (3D) qui est restée relativement confidentielle pendant de nombreuses années, apparaît maintenant comme une méthode complémentaire de l'anthropométrie classique, capable de fournir pour de larges échantillons une caractérisation des formes corporelles, autorisant ainsi une modélisation plus précise du corps humain [2].Toutefois, la transposition entre les enquêtes 3D de plus en plus nombreuses et les modèles n'est pas encore aboutie. Malgré ces limites, ces outils demeurent très utiles lors de la conception de nouveaux produits ou de la transformation de systèmes existants. Encore faut-il les utiliser de manière appropriée.

La prédéfinition d'un nouveau système homme-machine se traduit généralement par des évolutions notables dans les postes d'activités, avec l'introduction de nouveaux équipements, une automatisation de certaines tâches, des conditions d'emploi transformées et souvent des utilisateurs devant avoir des formations différentes de celles requises avec les postes actuels. La question qui se pose est de choisir des mannequins numériques représentatifs de la diversité morphologique des futurs utilisateurs, en privilégiant certaines mesures en raison de leur pertinence pour les critères d'encombrement dans le poste de travail, de visibilité des informations et d'atteintes de différentes commandes. Dans ce contexte, le recours à des bases de données demeure essentiel pour déterminer la variabilité morphologique des futurs utilisateurs, des différences importantes existant en fonction, bien evidemment, du genre et des classes d'âges, mais également des origines géographiques, du niveau scolaire et des catégories socioprofessionnelles [3].

Les mesures pertinentes pour des postes de travail assis avec des écrans (imposant des zones précises de prise d'informations visuelles) sont la hauteur yeux-siège pour la prédéfinition du centre de vision, la longueur fesses-genoux (qui est peu corrélée avec la mesure précédente), pour les aspects posturaux et la longueur du membre supérieur pour les évaluations des atteintes. En partant des paramètres statistiques usuels (moyenne, écart type, corrélations et percentiles) pour ces mesures, et en intégrant le pronostic d'évolution morphologique de la population des futurs utilisateurs - les systèmes ayant souvent une durée d'utilisation de plusieurs décennies - on va pouvoir définir des modèles petits, moyens et grands dits « modèles bornes » situés sur les enveloppes de variabilité des mesures pertinentes [4]. Le résultat en sera des groupes de six à huit mannequins qui reflèteront les variabilités dimensionnelles des utilisateurs à intégrer pour les mesures critiques de conception. On est alors bien loin des modèles classiques 5 %, 50 % et 95 % définis par transformation homothétique dans les normes ergonomiques.

Les étapes de vérification de conformité avec les contraintes d'encombrement, de visibilité et d'atteintes des commandes ne sont pas résolues pour autant. Il convient ensuite de placer ces mannequins dans le poste virtuel avec toutes les difficultés inhérentes à la non déformabilité des tissus dans ces modèles. On doit donc estimer un degré d'enfoncement dans le siège pour simuler cette déformation des parties molles. Le point le plus critique reste la mise en posture ou plus précisement la caractérisation de la position moyenne de moindre inconfort qui va conditionner la suite des vérifications, visibilité et atteintes notamment.

Le recours aux angles dits de confort des abaques d'ergonomie ne résout pas la question car les plages de variation demeurent importantes et ils ne restituent qu'une position bidimensionnelle. Les bases de données posturales pour la caractérisation 3D de cette position de moindre inconfort existent, mais elles demeurent dépendantes du modèle utilisé. Elles font généralement partie du savoir-faire des bureaux d'études des constructeurs et donc ne sont pas publiées. De ce fait, trop souvent encore, les modèles. sont mis en position de manière empirique, sans vérification de la validité de la position en relation avec la nature de la tâche à réaliser. Il convient d'ajouter, pour qualifier cette position sur le plan ergonomique, les contraintes vestimentaires et les besoins de points d'appui selon les conditions d'environnement, thermique et vibratoire notamment, ainsi que les durées de maintien des postures. Des avancées récentes sont toutefois notées sur la caractérisation des postures de moindre inconfort notamment avec les travaux de Delleman [5] mais le transfert vers les outils existants reste à faire.

On retrouve les mêmes limites pour la restitution des cinématiques articulaires pour simuler des mouvements réalistes et ainsi évaluer les volumes utiles par type de mouvement. Les méthodes dérivées de la robotique se-

lon le principe de la minimisation de la dépense énergétique ne simulent généralement que des trajectoires pratiquement linéaires des segments anatomiques alors que le mouvement humain se caractérise par des phases d'élévation initiale pour vaincre l'effet de la gravité et des trajectoires différentes entre les phases aller et retour lors d'actions de pointé ou de saisie de commandes. Ceci se traduit par des déplacements représentant de l'ordre de 120 % du trajet le plus direct vers la commande à atteindre [6]. Par ailleurs, la précision optimale d'atteinte se situe, pour les membres supérieurs, dans la zone terminale correspondant à 80-90 % de la distance maximale d'atteinte. Les appréciations des efforts statiques et dynamiques aux niveaux articulaires souffrent des mêmes limitations. Seuls quelques modèles très spécifiques permettent de calculer des contraintes lors de phases de lever de charges, ce qui n'est pas transposable aux sollicitations posturales dans les postes de conduite, de pilotage ou de surveillance.

Il ressort de ces approximations que la définition et l'évaluation sous forme numérique des postes d'activités nécessite une étape de validation avec une maquette fonctionnelle à l'échelle 1 et la participation d'opérateurs représentatifs de la diversité morphologique de la population concernée. Cette validation s'avère d'autant plus nécessaire que l'introduction massive de supports visuels conduit si on n'y prend pas garde à des rigidifications de posture, causes à terme de troubles posturaux. Afin d'éviter cet écueil, il convient de définir le poste avec des implantations judicieuses des différents éléments de manière à induire naturellement des modifications posturales pendant l'activité. Si cela n'est pas le cas, seul le recours à des pauses facilitera ces changements posturaux.

Pour les mannequins numériques, des développements apparaissent nécessaires selon trois axes complémentaires :
-le développement d'outils de traitement des données 3D pour caractériser les formes corporelles,
-la mise en place de bases de données 3D accessibles aux concepteurs de produits industriels,
- la mise à disposition de nouvelles fonctionnalités au niveau des modèles existants.

L'évolution dans les modèles existants doit constituer une préoccupation constante afin de disposer de validations sur les choix retenus en matière de modélisation et surtout permettre une meilleure prise en compte des formes corporelles dans les mannequins. Une représentation précise de la géométrie des contours corporels autoriserait des analyses plus fines des interactions homme-machine, notamment pour l'évaluation des postures assises. Des travaux sont en cours sur ce thème, notamment au niveau du modèle Safework, mais les étapes de validation seront encore longues avant de disposer d'outils réellement opérationnels. Une autre difficulté à surmonter concerne les déformations de structures molles à paramétrer selon les positions adoptées, les zones de contacts, l'équipement porté ... Cet aspect paraît à ce jour encore difficilement accessible à la modélisation, en raison d'une absence de données experimentales adaptées aux besoins d'un tel modèle.

Le deuxieme axe de développement concerne les traitements mathématiques à mettre en place pour caractériser les formes humaines et surtout leur variabilité. La transformation d'un nuage de points 3D en primitives géométriques capables de résumer ce nuage de la manière la plus cohérente et succincte possible ne semble pas disponible alors que sont maintenant disponibles d'importantes enquêtes d'anthropometrie 3D [7].

Les futurs mannequins numériques doivent inclure des postures et des prédictions de mouvement valides pour différentes populations, ce qui fournira un outil très performant pour la prédiction de la performance humaine dynamique et les limites spécifiques des populations. Les postures existantes et les modèles de prédiction du mouvement des mannequins numériques doivent être basés sur les données de mouvement réel pour assurer la validité pour les simulations de tâches dynamiques [8]. Il reste encore beaucoup à faire en ce qui concerne la caractérisation des mouvements réalistes. De même comment faire évoluer la posture globale du mannequin lorsque l'on impose des contraintes sur des repères attachés à différentes parties du corps ? Selon Chaffin [9], les mannequins numériques doivent être non seulement capables de disposer de larges bases de données anthropométriques selon différents groupes démographiques, mais aussi de :

- disposer d'un large choix de vêtements, de gants et de casques de protection,
- prédire la capacité musculaire et l'endurance d'une population pour effectuer une tâche,
- simuler postures et mouvements d'une façon réaliste en présence d'un environnement contraint/non contraint avec le minimum de descripteurs de la tâche à simuler,
- prédire la capacité musculaire de la main ainsi que le champ de vision,
- effectuer des analyses temporelles sur une tâche,
- réaliser des analyses sur l'encombrement et l'atteinte dans un large éventail de situations,
- et enfin, ils doivent être compatibles avec plusieurs systèmes CAO utilisés au sein d'une même entreprise.

Les recherches en cours sur les humains virtuels pour la simulation ergonomique tentent de comprendre les comportements posturaux et gestuels en analysant les paramètres cinématiques, dynamiques et musculaires voire cognitifs et, en testant différents critères de performance, de simuler les actions dans toute leur

diversité tout en évaluant les possibles gênes que les futurs utilisateurs pourraient ressentir durant la réalisation de différentes actions [10]. Tout un programme !

L'EVALUATION DES EFFETS D'UNE AUTOMATISATION ET DE LA REPARTITION DES TÂCHES SUR LA CHARGE DE TRAVAIL MENTALE DES OPERATEURS

La charge de travail constitue un facteur essentiel conditionnant la performance des opérateurs. Son évaluation s'avère de ce fait un élément primordial lors de la conception d'un système. Le concepteur doit s'assurer que l'introduction d'une nouvelle technologie contribue à maintenir la charge de travail d'un opérateur, pris isolément ou au sein d'une équipe, à un niveau acceptable, c'est-à-dire au moins équivalent, sinon inférieur, à celui constaté avec le système existant.

La charge de travail peut se définir comme le rapport entre les exigences de la tâche et les capacités de l'opérateur. Sur cette base, on retiendra le modèle proposé par de Waard [11], qui permet de rendre compte des relations entre l'exigence de la tâche, l'effort de l'opérateur et la performance résultante. Ce modèle est dérivé de celui de Yerkes et Dodson [12] qui postule que la performance optimale est atteinte pour un niveau optimal d'activation. De Waard distingue six niveaux d'exigence de la tâche. Le modèle prédit qu'à l'intérieur de ces six niveaux, l'effort n'est stable que pour le niveau central qui représente le niveau optimal : dans cette situation, l'opérateur atteint la meilleure performance avec un effort minimum. Au-dessus et en dessous, l'effort augmente. Pour les niveaux supérieurs, l'augmentation d'effort est liée à l'augmentation des exigences de la tâche alors que pour les niveaux inférieurs, l'augmentation de l'effort est attribuable à l'état de l'opérateur. Dans ce cas, l'opérateur doit augmenter ses efforts pour maintenir sa performance et compenser la dégradation de son état. Les niveaux intermédiaires correspondent aux niveaux d'exigence de la tâche pour lesquels la performance commence à décliner alors que l'effort augmente. Dans ces différents cas, la dégradation des performances correspond à une augmentation de l'effort.

L'intérêt principal de ce modèle est qu'il permet de prédire l'impact de la charge de travail sur la performance et qu'il introduit l'état de l'opérateur comme un facteur de variation. Néanmoins, sa principale limite réside dans le fait qu'il considère l'effort comme un concept global, alors que l'effort résulte de plusieurs dimensions. Dans le modèle de Wickens [13], cet aspect multidimensionnel de l'effort est pris en compte à partir du postulat qu'une tâche spécifique implique plusieurs ressources ou canaux du système nerveux : auditif, visuel et central. Dans certaines situations, une tâche peut créer des interférences à l'intérieur de ces canaux, ces interférences constituant la principale source d'effort pour l'opérateur. Par exemple certaines tâches imposent la présentation simultanée de plusieurs informations auditives ce qui crée une interférence dans le canal auditif et a pour conséquence d'augmenter l'effort de l'opérateur. D'après de Waard, son modèle se révèle compatible avec cette théorie, l'effort pouvant y être séparé en ressources différentes.

En s'appuyant sur ce modèle, des méthodes d'évaluation ont été développées pour une utilisation au cours des phases de conception de systèmes complexes, notamment en aéronautique [14]. L'évaluation ne pouvant reposer sur un seul indicateur, les méthodes s'appuient généralement sur des approches multicritère associant des évaluations subjectives au moyen d'échelles validées (NASA-TLX notamment), de mesures physiologiques (fréquence et variabilité cardiaques), de paramètres de performance, d'observations d'activité et d'entretiens post-évaluation. Une estimation de la fatigue des opérateurs est réalisée avant les évaluations, cette fatigue pouvant se trouver elle-même à l'origine d'une augmentation de la charge de travail. Les évaluations sont menées généralement en simulateur sur la base de scénarios reflétant les situations à valider sur le plan opérationnel. Les principales difficultés à surmonter dans ce type dévaluations résident dans la prise en compte des effets d'apprentissage, inhérents à toute situation nouvelle, et la comparaison des résulats compte tenu de la variabilité interindividuelle dans les réponses aux échelles subjectives. Des séances de familiarisation et de formation sont mises en place pour un contrôle de l'apprentissage. La variabilité interindividuelle est traitée au moyen de tests d'autocalibration en utilisant des tests multitâche validés (Multi Attribute Task). Les opérateurs sont ainsi comparés à eux-mêmes, ce qui facilite l'interprétation des résultats, surtout dans le cas de faibles échantillons avec des séances d'évaluations souvent en nombre limité. La méthode permet de détecter des périodes associées à une forte charge de travail. Les causes de cette forte charge de travail sont explorées au travers des débriefings avec les opérateurs.

Malgré ces limitations et leur relative lourdeur, ces méthodes sont maintenant intégrées dans les plans de certifications Facteurs Humains pour apporter des éléments aux concepteurs et aux autorités pour la certification des nouveaux aéronefs.

TENTATIVE DE PREDICTION DES DEFAILLANCES DU COUPLAGE HOMME-SYSTEME

La complexité croissante des systèmes en aéronautique a conduit un groupe de travail conjoint des Autorités à publier en 1996 un rapport mettant en avant deux besoins relatifs à la certification des avions :

- la nécessité de prendre en compte les pilotes de ligne dans le processus de certification (l'avion devrait être

certifié pour être utilisé par les pilotes de ligne et pas seulement par des pilotes d'essais),
- la nécessité d'intégrer plus de connaissances sur les Facteurs Humains (FH) dans la conception de l'avion.

Suite à ce rapport, un groupe d'harmonisation s'est vu confier la tâche d'examiner les questions de FH relatives à la certification de postes de pilotage. Leurs tâches étaient les suivantes :
- examiner les exigences réglementaires,
- rechercher les manques au sein de ces exigences,
- donner des réponses en termes de réglementation, de moyens acceptables de mise en conformité.

En Octobre 1999, ce groupe d'harmonisation a publié une liste ordonnée de 33 vulnérabilités. L'étape suivante a consisté à créer un règlement qui permettrait de couvrir ces lacunes. Ce réglement définit des exigences supplémentaires en termes de certification FH des cockpits.

Afin de soutenir l'organisme de réglementation dans l'évaluation du matériel de certification FH, ainsi que le fabricant dans le développement de ce matériel, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a décidé de lancer le projet PREVIENS dédié au développement d'une méthode pour répondre aux nouvelles exigences en matière de certification FH [15]. La suite de ce chapitre reprend de larges extraits du rapport d'étude disponible à la DGAC.

Actuellement, une partie importante de la contribution de l'Autorité, que ce soit au stade de la définition des nouveaux équipements ou plus tard quand il s'agit de démontrer l'acceptabilité d'un nouvel équipement, s'appuie sur l'expertise individuelle d'un nombre limité d'experts de haut niveau. Les compléments ou les modifications du plan de certification suggérés par le fabricant sont basés sur la compréhension de l'Autorité des systèmes, de sa compréhension du rôle des systèmes/IHM dans la sécurité et de son expérience et de son expertise (fondées sur les certifications du passé ou sur l'expérience de vol, les connaissances techniques et de FH…). Les scénarios supplémentaires à la demande de l'Autorité reposent plus sur l'expertise incarnée par quelques experts que sur une approche systématique. Il en va de même pour l'acceptation des scénarios ou des cas déjà suggérés par le fabricant. Toutefois, cette ressource est limitée et ne peut garantir une approche exhaustive de la certification FH.

Le but du projet PREVIENS n'est pas de remplacer l'expertise des fabricants ni de l'Autorité mais au contraire de s'appuyer cette expertise. L'utilisation d'une méthode doit par contre permettre de :
- générer un examen plus systématique des vulnérabilités potentielles,
- rendre plus explicites les processus de réflexion des experts,
- améliorer la traçabilité du raisonnement des experts.
- également, fournir un argument structuré pour la définition de l'évaluation et des scénarios d'essais.

Bien que certaines méthodes qui traitent de l'Analyse de la Fiabilité Humaine existent (Human Reability Analysis), la plupart de ces méthodes ont été développées dans l'industrie nucléaire et ne correspondent pas directement au contexte de l'aviation ou à celui de la certification. En outre, aucune de ces méthodes ne couvre l'ensemble du champ d'application des nouvelles exigences de la réglementation.

La méthode PREVIENS est conçue pour appréhender les dérives d'usage d'une nouvelle application introduite dans un cockpit qui ne sont actuellement abordées de manière prédictive par aucune méthode existante, bien que dans la pratique opérationnelle il existe des exemples connus (par exemple l'utilisation accrue de l'écran de navigation, qui a fini par conduire à l'ajout de nouvelles fonctionnalités, mais qui dans l'intervalle a engendré des risques).

La discipline de l'ingénierie des systèmes cognitifs a été retenue comme base de la méthode [16] en s'appuyant sur les définitions fournies par les fondateurs de la discipline, comme :
« Un système cognitif conjoint n'est pas défini par ce qu'il est, mais par ce qu'il fait. »
« Au cours des années, […] l'accent sur la performance 'manifeste' plutôt que les fonctions 'clandestines' a été renforcé. »
« Il est plus important de comprendre ce qu'un système cognitif conjoint fait et pourquoi il le fait, que d'expliquer comment il le fait. »
«On devrait étudier […] les fonctions externes du système cognitif conjoint comme étant fondées sur la coopération homme–machine.» …..

Les auteurs de PREVIENS soulignent que ce cadre théorique a eu des répercussions sur la fondation des méthodes prédictives : on parle maintenant des méthodes de deuxième génération. Dans les méthodes HRA de première génération, l'évaluation des risques est une question de contrôle où le «signal» est une «probabilité de l'erreur humaine» et le «bruit» des facteurs de développement de la performance : on essaie d'évaluer le niveau de la fiabilité humaine. Quant à elles, les méthodes HRA de deuxième génération reposent sur quatre postulats :
- la performance nominale et la défaillance sont des phénomènes émergents,
- lorsque l'issue des actions diffère de ce qui était prévu (requis), ceci est dû à la variabilité du contexte et des conditions plutôt qu'à un échec de l'action,
- l'adaptabilité et la flexibilité sont nécessaires pour l'efficacité ; les raisons de la défaillance sont identiques,
- on ne peut pas être à la fois précis et efficace.

En d'autres termes, ce n'est pas la fiabilité de la composante humaine qui est importante ni une question d'analyse de la fiabilité humaine, mais l'évaluation de la fiabilité de la performance. PREVIENS a été conçue pour répondre à cinq questions principales relatives à différents types de limitations ou défaillances du couplage équipage-équipement :
- quelle est la fonction attendue de la nouveauté et quelles sont ses limites d'usage ?
- quels sont les risques de défaillance de cette fonction attendue ?
- quels sont les risques d'éventuelles extensions d'usage ?
- quels sont les risques de dérives d'usage ?
- quels sont les effets de bord liés à l'introduction de cette nouveauté dans le cockpit ?

En l'état actuel de son développement, cette approche nouvelle de l'évaluation prédictive a été principalement testée pour l'aéronautique, montrant son intérêt pour améliorer la traçabilité des décisions, forcer un questionnement systématique et favoriser le dialogue entre les différents experts concernés par la conception.

BIBLIOGRAPHIE

1. Mollard, R., Hennion, P.Y., Vernay, 1., & Coblentz, A. Recent evolutions of general concepts in human body modeling for ergonomical applications. In *Proceedings of the Annual conference of APOSHO* 14 (pp. 353-356). Séoul, Corée. 20-25 avril 1998.

2. Mollard (R.).- Shape modeling driven by the product design.- In : CARS 2002./ H.U. Lemke ed. ; M.W. Vannier ed. ; K. Inamura ed. ; A.G. Farman ed. ; K. Doi ed. ; J.H.C. Reiber ed.- Springer, 2002, pp. 559-564.

3. Mollard, R., Hennion, P.Y., & Bouillet, A. ERGODATA: An on-line database system for digital human modeling and ergonomics studies. *Proceedings of the 16th Triennial World Conference of the International Ergonomics Association*., Maastricht, The Netherlands, 10-14, July 2006.

4. Mollard, R., Hennion, P.Y., Berger, H. Choix de morphotypes pour la création de mannequins. In *Journée spécialisée INRETS* « Les modèles numériques de l'Homme pour la conception de produits » (3 p. (CD-ROM)). Bron. 16 mars 2000.

5. Delleman, N.J. Working postures prediction and evaluation. Thèse de doctorat non publiée, Free Universtity, Amsterdam, Pays-Bas. 1999.

6. Mollard, R. Apport de la biostéréométrie dans la modélisation du corps humain : aspects statiques et dynamiques. Thèse de doctorat es sciences, Université René Descartes Paris 5, Paris. 1987.

7. Mollard, R., Ressler, S., & Robinette, K. Database contents, structure, and ontology for WEAR. *Proceedings of the 16th Triennial World Conference of the International Ergonomics Association*., Maastricht, The Netherlands, 10-14, July 2006.

8. Chaffin, D. B. Human Motion Simulation for Vehicle and Workplace Design. In interscience (Ed.) Human factors and Ergonomics in Manufacturing. Volume 17, No 5 (pp.475-484), 2007.

9. Chaffin, D.B. Improving digital human modeling for proactive ergonomics in design. Ergonomics,Vol. 48, No.5, 478-491 ; 2005.

10. Wang, X. Contribution à la simulation du mouvement humain en vue d'applications en ergonomie. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Claude Bernard, Lyon. 2008.

11. De Waard, D. The measurement of drivers mental workload. Thèse non publiée. Pays-Bas: The Traffic Research Centre VSc. University of Groningen. 1996.

12. Yerkes, R.M., & Dodson, J.D. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology, 18,* p. 459-482. 1908.

13. Wickens, C.D. Processing resources in attention. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 63-102). Londres : Taylor et Francis. 1984.

14. Cabon, P., Rome, F., Ducourtioux, S., Mollard, R., Vollard, C., & Reuzeau, F. Calibration of mental workload measures during the design process of future Airbus military transport Aircraft : the Workload Assessment Method (WAM). *Proceedings of the International Conference On Human-Computer Interaction In Aeronautics « HCI-Aero 2006 »*(pp. 138-145), Seattle, Washington, 20-22 September 2006.

15. Pariès, J., Gautherau, V., Susset, F., Beaujard, F., Juppet, V., Bieder, C., & Magnin, F. Etude des vulnérabilités humaines pour la certification d'un cockpit. Rapport DGAC-DAST 01/03. 105 p. 2008.

16. Gauthereau, V., Magnin, F., & Pariès, J. Développement d'une méthode de prédiction des défaillances du couplage équipage-cockpit. 16ème Congrès de Maitrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement. Avignon, 6-10 Octobre 2008.

⁂

INGENIERIE ET CONCEPTION
AU CŒUR DES SYSTEMES



Nouveaux concepts pour la collaboration entre experts des facteurs humains et ingénierie des systèmes

*Eddie Soulier**
*ICD/Tech-CICO FRE CNRS 2848
Université de Technologie de Troyes
12, rue de Marie Curie - BP 2060
10010 Troyes
eddie.soulier@utt.fr

Florie Bugeaud **.*
** France Télécom R&D ;
905, rue Albert Einstein,
06921 Sophia-Antipolis
florie.bugeaud@utt.fr

Jean-René Ruault.
DGA/DET/CEP/SdS ;
7/9 rue des Mathurins,
92 221 Bagneux Cedex
jean-rene.ruault@dga.defense.gouv.fr

RESUME
Cet article porte sur les cadres d'architecture, l'intégration des vues « humain », en termes de gestion des ressources humaines et de conception des organisations, dans les cadres d'architecture, les problèmes pratiques que posent la prise en compte du « point de vue de l'acteur » dans la spécification sur la façon d'organiser et de présenter l'architecture informatique d'un organisme et les routines organisationnelles comme unité d'analyse des comportements et des organisations. Enfin, un cadre conceptuel apportant souplesse et cohérence, tout en gardant un intérêt pour la conception de systèmes, est proposé.

MOTS CLES : Cadres d'architecture, vues « humain », routines organisationnelles.

ABSTRACT
This article concerns the architecture frameworks, the integration of the « human » views (in terms of management of the human resources and conception of organizations) in the architecture frameworks, the practical problems stemming from the consideration of the « actor's point of view » in the specification on the way of organizing and presenting the IT architecture of an organization and the organizational routines as unit of analysis of behavior and organizations. Finally, a conceptual framework, bringing flexibility and coherence, while keeping an interest for the design of systems, is proposed.

KEYWORDS : Architecture framework, "human" view, organizational routines.

INTRODUCTION
Depuis les premiers premières publications sur MAD et les règles de conception des IHM, les travaux en génie logiciel ont toujours été accompagnés de travaux sur les méthodes et outils de conception des IHM, objets de publications régulières dans le cadre d'ErgoIA depuis 20 ans, et plus largement au sein de la communauté IHM francophone. Sans prétendre être exhaustifs, tant ces publications sont nombreuses, nous pouvons identifier Diane et Diane+, de Marie-France Barthet et de Jean-Claude Tarby, DIADEM développé par Thomson, Gladys-Aladin puis Intuition, objets de Projet d'Etudes Amont de la DGA. Ces méthodes et outils suivent au plus près l'état de l'art en génie logiciel, telles que les évolutions autour d'UML [42] et [43]. Ces méthodes et outils ne traitent que de la conception des IHM, qui n'est qu'une partie des aspects humains à prendre en compte dans la conception d'un système, d'autant que ce sont des points de vue « produit », alors que nous nous orientons de plus en plus vers des modèles capacitaires[1] et des services.

De plus, ces méthodes et outils s'inscrivent dans des logiques prescrites. Nous sommes face à une opposition frontale qui semble être historique et irréductible, entre, d'un côté, ce qui relève, d'un côté, de l'analyse des activités de travail en France, ou de l'action située aux Etats-Unis, de l'autre côté, ce qui concerne la modélisation pour la conception, avec une tentation réaliste toujours présente et une orientation très forte vers l'automatisation, qui, peu ou prou, réduit l'humain à un système que l'on peut modéliser sous la forme d'un automate à états finis. Si la mise en œuvre de ces méthodes et outils dans l'industrie se comprend au regard de ce domaine qui relève de la bureaucratie mécaniste [29], c'est-à-dire un domaine simple, malgré toutes les réserves que nous pouvons émettre et les limites très vite atteintes, en revanche dans des environnements beaucoup plus complexes, plus dynamiques, nécessitant de rapides évolutions, ces concepts, méthodes et outils s'avèrent tout à fait inadéquats.

[1] Les modèles capacitaires permettent de spécifier non pas un produit (un avion, un bateau, un système d'information, …) mais une capacité à mener une action (capacité de projeter les moyens sanitaires nécessaire suite à une catastrophe touchant un bassin de population de 500 000 personnes).

Dans ce contexte, notre article a deux objectifs. D'une part, profitant des travaux actuels sur les cadres d'architecture, nous montrons ce que peuvent leur apporter les vues « humain » associées, en termes de gestion des ressources humaines, de conception des organisations, en bref, de modèles capacitaires. Mais tant ces cadres d'architecture que les vues « humain » associées, souffrent de ces difficultés que nous venons de présenter brièvement. D'autre part, pour tenter de résoudre ce problème et sortir de l'opposition frontale que nous avons identifiée, nous proposons un cadre conceptuel apportant souplesse et cohérence, tout en gardant un intérêt pour la conception de systèmes.

Ces deux points architecturent notre article.

LES VUES « HUMAIN » DANS LES CADRES D'ARCHITECTURE

Dans cette section, nous commençons par présenter les cadres d'architecture. Nous poursuivons en en détaillant le contenu des vues « humain ». Nous finissons cette section en montrant la pertinence et les limites de ces vues « humain ».

Les cadres d'architecture

L'objectif des cadres d'architecture est de pouvoir exprimer les différents points de vue que peuvent avoir les parties prenantes (utilisateur, acquéreur, fournisseur, …), initialement d'un système d'information, plus largement tout système à logiciel prépondérant (dénommé système par la suite), sur celui-ci, à savoir, les processus opérationnels, les services fournis par les composants du système, leur fonctionnement et les composants techniques.

Ces points de vue permettent de montrer, de décrire, l'architecture d'un système, que sont les liens internes entre ses composants, les liens qu'il entretient avec l'environnement opérationnel dans lequel il est mis en œuvre, les interfaces qui supportent ces liens. Ceci permet de comparer des systèmes d'origines différentes, faisant partie d'un même système ou d'un système de systèmes, ou de comparer des systèmes différents, afin de mieux les gérer, de les relier ensemble pour échanger des services et des données et, in fine, mettre en œuvre de façon adéquate les processus des entreprises. Ce sont là des outils de gouvernance des systèmes d'information au même titre que le « Référentiel Général d'Interopérabilité » au sein de l'administration française. Il s'agit-là de l'urbanisation des systèmes d'information, à savoir, une conception et une intégration cohérentes, harmonieuses, des applications de ces systèmes. Les versions les plus récentes des cadres d'architecture décrivent aussi comment sont acquis ces systèmes, de telle sorte que l'acquisition des composants et l'architecture d'ensemble soit cohérente.

Le premier cadre d'architecture a été développé en 1987 par un ingénieur d'IBM, John Zachman. Il est considéré comme une référence par l'ensemble des autres cadres d'architecture, étant donné son approche globale de la description d'architecture. Aujourd'hui, il existe de nombreux cadres d'architecture. Nous pouvons faire la liste partielle suivante, représentant les principaux d'entre eux, en conservant le texte en Anglais :

- « Federal Enterprise Architecture Framework» (Gouvernement des USA),
- « Department of Defense Architecture Framework-DoD AF », connu sous l'acronyme DoD AF, (Département de la défense, USA),
- « Minister of Defence Architecture Framework-MoD AF », connu sous l'acronyme MoD AF, (Ministère de la Défense, Royaume Uni),
- « NATO Architecture Framework», connu sous l'acronyme NAF, (OTAN),
- « Open Group Architecture Framework », connu sous l'acronyme TOGAF (Open Group),
- « Atelier de Gestion de l'ArchiTecturE des systèmes d'information et de communication », connu sous l'acronyme AGATE, (France).

Ils décrivent les architectures sous plusieurs points de vue, auxquels sont attachées des vues (« views ») qui comprennent un certain nombre de diagrammes.

Le MOD AF, par exemple, comprend les vues et les diagrammes suivants :

- toutes les vues -« All Viewpoint »- vue d'ensemble et dictionnaire intégré,
- les vues stratégiques -« Strategic Viewpoint » (StV)- comprenant, entre autres, une vision de l'entreprise, des éléments de phasage des programmes,
- les vues opérationnelles -« Operational Viewpoint » (OV)- comprenant des descriptions de niveau opérationnel que sont, entre autres, les modèles d'activité, les règles opérationnelles, les concepts opérationnels, les modèles d'information,
- les vues systèmes -« System Viewpoint » (SV)- comprenant des descriptions telles que des descriptions fonctionnelles, la spécification de contraintes de ressources, les descriptions des interactions entre ces ressources,
- les vues des standards techniques -« Technical Standards Viewpoint » (TV)- comprenant des standards techniques, tels que les systèmes d'exploitation, les protocoles de communication (exemple, IP v6),
- les vues d'acquisition -« Acquisition Viewpoint » (AcV)- intégrant les regroupements d'acquisition et les échéances des programmes.

De version en version, les cadres d'architecture s'enrichissent. Ainsi, la nouvelle version du cadre

d'architecture de l'OTAN (NAF V3) apporte, en plus des vue du MoDAF, un point de vue de service, afin de décrire les architectures orientées services.

Les vues « humain » dans les cadres d'architecture

C'est dans cette perspective d'évolution et d'enrichissement des cadres d'architecture qu'ont été élaborées et ajoutées des vues adaptées aux facteurs humains et aux ressources humaines dans les cadres d'architecture [14], [15].

Nous l'avons abordé brièvement, les vues opérationnelles rendent compte des dimensions propres au métier, à la façon de le réaliser, c'est-à-dire aux processus opérationnels mis en œuvre. AGATE propose une vue d'organisation, précisant les rôles et responsabilités des acteurs. Mais ces éléments sont dispersés, non intégrés. De plus, ils ne sont pas centrés sur l'humain.

Dans ce contexte, l'élaboration des vues « humain » a pour objectifs de rendre compte des dimensions humaines, au sens large, ainsi que nous le verrons ci-dessous, qui affectent tant les performances opérationnelles que la conception du système, ceci, dans le temps, à l'échelle de la durée de vie du système, en prenant en compte des aspects tels que le recrutement, la formation, l'entraînement, le développement de carrière.

Qu'est-ce qui amène ce besoin de prise en compte des dimensions humaines ? Qu'est-ce qu'on entend par modèle capacitaire ?

Dans l'article ([1], p 1), les auteurs présentent ce qu'est l'ingénierie capacitaire et définissent la capacité comme « l'habileté, la capacité (ability » en anglais), à agir en respectant un cadre défini dans une situation spécifique. Cette capacité est réalisée quand les trois axes suivants sont combinés : les processus (plans, tactiques, doctrines, …), les personnels (civils, militaires, opérateurs, gestion, personnel de soutien, etc.) et le matériel (équipements, outils, etc.). Nous caractérisons aussi une capacité opérationnelle selon les dimensions suivantes : la doctrine, l'organisation, les ressources humaines, l'entraînement, le soutien et les équipements. Les vues opérationnelles, systèmes, techniques, d'acquisition, des cadres d'architecture ne traitent pas les dimensions ressources humaines, organisationnelles, de l'entraînement, etc.

Dans un exemple de conception d'un véhicule de combat multi-fonctions, les auteurs [1] montrent que le remplacement d'un véhicule de combat dans lequel il y a quatre opérateurs, par ce nouveau véhicule qui ne comprend que deux opérateurs, a d'importantes conséquences en termes de partage de responsabilités au sein de l'équipage, des évolutions des activités que doivent mener les membres de l'équipage, avec des impacts sur leur formation et leur entraînement, ainsi que sur les évolutions de carrière afférentes. Cela a aussi des conséquences importantes sur la structure de l'organisation, la charge de travail des opérateurs et sur la conception des dispositifs d'aide aux opérateurs, in fine, sur la performance de l'équipage.

C'est donc dans ce contexte qu'aux vues initiales des cadres d'architecture ont été ajoutées des vues « humain ». Ces vues sont au nombre de huit, comprennent chacune des sous-vues, et sont structurées ainsi :

- vue conceptuelle (« HV-A Concept »);
- vue des contraintes (« HV-B Constraints »);
- vues des fonctions (« HV-C Functions »);
- vue des rôles (« HV-D Roles »);
- vue du réseau social (« HV-E Human Network »);
- vue entraînement (« HV-F Training »);
- vue des métriques (« HV-G Metrics »);
- vue dynamique (« HV-H Human Dynamics »).

Nous allons maintenant préciser le contenu de ces vues.

Vue conceptuelle. Cette vue est « une représentation de la composante humaine de l'entreprise » ([30], p9). « Son but est de visualiser et de faciliter la compréhension de la dimension humaine en relation avec les besoins opérationnels et les composants du système. Cette vue sert de référence et de point départ pour décrire comment les opérateurs humains vont influencer les performances (succès de la mission, survivabilité, coût) et comment les opérateurs humains seront concernés par la conception du système et le contexte opérationnel (disponibilité, besoins en termes de compétences, exigences en termes d'entraînement, charge de travail, bien-être) ».

Vue des contraintes. « Cette vue comprend l'ensemble des éléments qui sont utilisés pour ajuster les rôles et fonctions envisagés. C'est le répertoire de l'ensemble des contraintes qui affectent les autres vues et qui ont des impacts sur l'humain. Les sous-vues sont :

- les projections en termes de ressources humaines (« Manpower Projection »), permet de prévoir les besoins capacitaires en termes de ressources humainesdes projets actuels ou futurs, pour recruter, former, entraîner, en tenant compte des niveaux et des grades, des compétences nécessaires pour mener à biens les missions ;
- les parcours de carrière (« Career Progression »), permet d'illustrer les progressions de carrière ainsi que d'estimer les impacts de solutions de systèmes alternatives sur le parcours professionnel ;
- les effectifs des établissements (« Establishment Inventory ») ;
- les risques liés à la santé (« Health Hazards »), permet de rendre compte des risques liés à la santé ou aux accidents, qu'entraîne telle ou telle solution de conception, tant en phase de réalisation qu'en ex-

ploitation, en termes de qualité de l'air, du bruit, des vibrations, des chocs, des risques environnementaux, ainsi que de la survivabilité ;

- les caractéristiques humaines (« Human Characteristics »), permet de rendre compte des caractéristiques physiques qui ont des impacts sur la conception (biomécanique, accessibilité pour la maintenance, …), comprend les données d'anthropométrie et permet d'évaluer les impacts en terme de performance (charge de travail, …) ;
- les règles de régulation (« Personnel Policy »), permet de rendre compte des règlements et des lois qui s'appliquent aux ressources humaines (parité, …).

Vue des fonctions. Cette vue décrit les fonctions que doivent remplir les opérateurs humains, les tâches qu'ils doivent réaliser, durant tout le cycle de vie du système. Cette vue permet de relier ces activités aux compétences attendues des opérateurs, mais aussi de définir un guide de conception des interfaces homme-système, le plan d'intégration des facteurs humains dans le projet. Enfin, cette vue a des liens avec la vue des rôles. En effet, ces tâches sont réalisées par des opérateurs qui ont des rôles et des responsabilités (qualiticien, responsable de la qualité du système conçu, …).

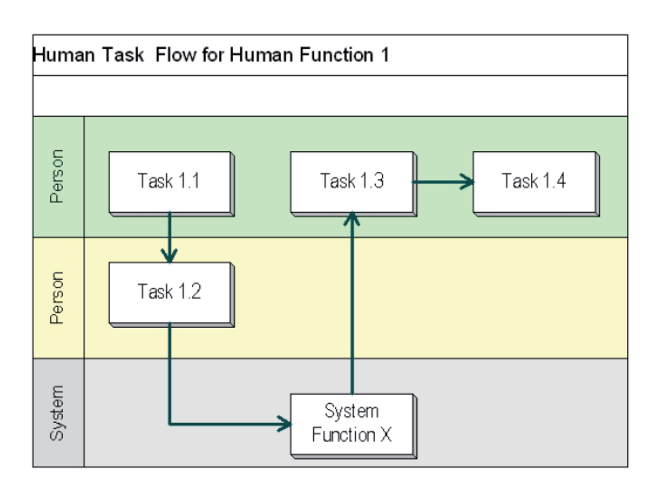


Figure 1: Exemple de modèle de tâche [30].

La figure ci-dessus montre un modèle de tâche, avec une répartition entre l'opérateur et le système.

Vue des rôles. La vue des rôles décrit les rôles qui ont été définis pour les opérateurs humains mettant en œuvre le système. Un rôle représente un poste opérateur, le comportement attendu dans le contexte de l'organisation, les niveaux de responsabilité et d'autorité liés au poste, les compétences nécesssaires pour mener à bien la mission, enfin, l'indication si le poste est assuré par un opérateur seul ou par un collectif d'opérateurs.

Vue entraînement. Cette vue décrit comment l'entraînement et sa mise en œuvre contribuent à l'acquisition des compétences, des connaissances, nécessaires pour les missions à réaliser. Cette vue traite aussi de l'entraînement en fonction des niveaux de compétences des opérateurs (novice, intermédiaire, expert, …).

Vue des métriques. Cette vue comprend un répertoire pour les critères de performance, les priorités, les valeurs cibles, relatifs aux humains et permet une correspondance entre ces métriques et les autres vues liées à l'humain. Cette vue peut comprendre aussi des méthodes d'évaluation de conformité.

Vue du réseau social. Cette vue rend compte des réseaux de communication au sein d'équipe, formelle ou ad hoc, et plus précisément pour les équipes distribuées. Cette vue caractérise les différents rôles au sein de l'équipe, les types d'interaction, les indicateurs de cohésion du groupe (confiance, …), les performances de l'équipe, les dépendances au sein de l'équipe (fréquence et durée des interactions au sein de l'équipe), ainsi que les impacts des technologies de l'information, de type collecticiel, sur la structure et le fonctionnement du réseau social (conscience partagée de la situation, …).

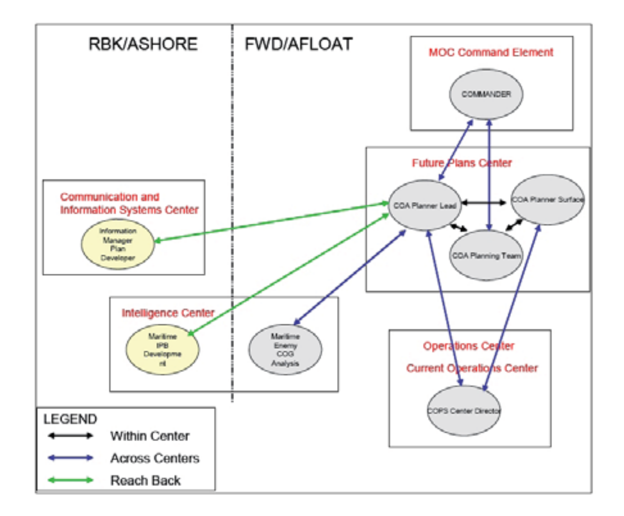


Figure 2: Exemple de représentation d'un réseau social [30].

La figure ci-dessus montre un réseau de communication entre des centres à terre (« ashore ») et des centres opérationnels projetés (« afloat ») et les liens qu'il y a entre ces différents centres.

Vue dynamique. Cette vue rend compte des aspects dynamiques des composants des autres vues. Ce sont des aspects dynamiques dans le sens des états, des configurations, des performances, des paramètres qui peuvent changer dans le temps ou en fonction de conditions qui évoluent, ou bien encore par des événements déclencheurs. Cette vue permet aussi de montrer l'évolution

entre le système existant (« as-is ») et le système cible (« to-be »).

Cette vue comprend des états et des changements d'états (structure organisationnelle, interruption de tâche, …), des conditions (événements déclencheurs, scénarios critiques, fréquents ou représentatifs, contraintes opérationnelles, conditions temporelles), des unités de temps (délai, durée, …), et des mesures de performance (vitesse de prise de décision, …).

La pertinence et les limites des vues « humain » dans les cadres d'architecture

Ces vues sont extrêmement intéressantes et comblent les lacunes des autres vues. Elles traitent non seulement des facteurs humains, des activités des opérateurs, mais aussi de la dimension ressources humaines, assez souvent négligée dans la conception des systèmes. Elles permettent aussi de rendre compte de la structure organisationnelle, au sens où l'entend Mintzberg [29]. Ceci est d'autant plus important qu'il est dès lors possible de relier les dimensions organisationnelles à la conception des systèmes d'information, dont les collecticiels. De récents travaux mettent en relief ces liens entre la conception des organisations et les impacts des systèmes d'information [11].

Pour autant, ces vues sont très largement incomplètes et offrent une perspective très réductionniste sur les êtres humains. En effet, prétendre élaborer une vue de la dynamique qui puisse être simulée et exécutée, c'est-à-dire développer un point de vue computationnel, montre à l'évidence que de très nombreux points structurant et dimensionnant du fonctionnement de l'être humain, au niveau individuel et au niveau collectif, ne sont pas pris en compte, ou de façon insuffisante [14]. Il s'agit, par exemple, de l'autonomie de l'opérateur humain, de ses objectifs personnels, de sa logique d'acteur, de ses besoins symboliques, dont de prestance. Il s'agit aussi, au niveau organisationnel, des réseaux informels, des affinités ou en revanche des inimitiés entre personnes, des cultures professionnelles, organisationnelles ou nationales qui sont pourvoyeuses de valeurs, de rituels, de mode de régulation et de sanction [44]. Cette liste est loin d'être exhaustive. En essayant de prendre en compte ces différents points, nous sortons des modèles computationnels qui sont simulables sur un ordinateur.

Ne pas prendre en compte ces aspects, c'est réduire significativement la validité écologique des modèles élaborés. Ils perdent alors toute valeur prédictive pertinente. Se fier à ces modèles, sans prendre un nécessaire recul, sur leur pertinence et leurs limites de validité, est un important facteur de risque.

LES ROUTINES ORGANISATIONELLES

Dans cette section, nous présentons les problèmes posés par la conceptualisation de l'activité dans les projets de modélisation de processus métier, telle qu'elle est abordée aussi bien par l'ingénierie informatique que par des approches plus ethnographiques. Nous évoquerons ensuite en guise d'illustration les problèmes posés par le concept de routine comme unité d'analyse des comportements et des organisations.

La prise en compte des vues humain dans la conception de systèmes d'information

L'intégration des vues « humain » dans les cadres d'architecture souffre de ce que ces cadres excluent a priori l'homme dans la boucle. Comme une majorité d'approches en ingénierie, les cadres d'architecture partagent une perspective fonctionnaliste [25]. Le fonctionnalisme privilégie la « fonction d'un phénomène considéré comme un système - lequel se définit comme un assemblage d'éléments fonctionnant de manière unitaire et en interaction permanente - au détriment de l' « accomplissement » qui en sous-tend la manifestation. Les vues « humain » sont surajoutées aux cadres d'architecture et seulement dans un second temps, ce qu'autorise le caractère généralement analytique, ou, ce qui revient au même, a-théorique des approches basées sur des vues des cadres d'architecture.

Dans l'ingénierie informatique de modélisation des processus métier, pour ne prendre qu'un exemple, l'approche SOA (*Services Oriented Architecture*) a pris en compte dès le départ les processus métier en privilégiant une approche entièrement automatisée. Un processus se définit au niveau économique (*Business Level*) en termes d'activités principales pour le métier. L'analyste métier (*Business Process Analyst*) s'intéressera donc aux relations entre les tâches économiques et leur enchaînement à l'intérieur d'un processus d'affaire et insistera plus particulièrement sur les chaînes de processus événementielles (CPe), dont près de 1.000 sont, à titre d'exemple, prédéfinit dans un progiciel comme SAP R/3. Du point de vue de la technique informatique qui sous-tend le processus économique, le concept d'activité est assimilé à un appel de service logiciel, et il n'y a plus a priori d' « homme dans la boucle ». Dans ces modèles, l'intervention humaine se limite au traitement des exceptions : comme un processus entièrement déterminé ou même entièrement automatisé n'existe pas, le modélisateur doit, pour chaque activité du processus, se poser la question des exceptions possibles. La gestion des exceptions implique en général de « mettre l'homme dans la boucle », mais seulement, pour le concepteur, en vue de se mettre « à la place de l'homme dans le système ». Ceci est censé être possible en imaginant de façon exhaustive toutes les causes possibles de dysfonctionnements du processus, afin de définir a priori les processus de recyclage qui permettraient le traitement des exceptions par une intervention humaine.

Sans véritable analyse de l'activité humaine (résultat effectif, dans des conditions réelles) et en se concentrant

sur la tâche (résultat anticipé, dans des conditions déterminées), la seule façon de se « mettre à la place de l'homme dans le système » est, pour le modélisateur, de faire l'hypothèse d'un acteur rationnel. Mais sur quoi ce système d'action rationnelle peut-il être fondé ? L'idéal de rationalité n'est pas, et ne peut être, une caractéristique essentielle du comportement quotidien, tout comme il ne peut constituer un principe méthodologique pour l'interprétation des actes humains dans la vie quotidienne. Nous savons que le concept de rationalité trouve sa place originelle, non au niveau de la conception quotidienne de l'activité coordonnée des acteurs, mais au niveau théorique de son observation scientifique. En se substituant au point de vue de l'acteur, le scientifique remplace les êtres humains qu'il observe en tant qu'acteurs par des marionnettes (*puppets*), créées et manipulées par ses propres soins [47]. Le chercheur en sciences sociales reconnaîtra sans mal la similitude entre la posture du modélisateur et celle du chercheur-observateur, dès lors que le scientifique (ou dans notre cas le modélisateur) cherche à prendre en compte « le point de vue de l'acteur » dans l'explication (ou la modélisation) du phénomène qu'il cherche à expliquer (ou à conceptualiser). S'il est vrai qu'une grande part du travail des concepteurs peut être réalisé, et a été réalisé, à un niveau qui s'abstrait (légitimement) de tout ce qui arrive à un acteur individuelle, plus de cinquante ans d'épistémologie sur cette question attirent notre attention sur certaines impasses auxquelles conduit cette conception [12].

Inversement, et pour rester dans le même registre de système d'information, l'approche *workflow* a considéré essentiellement les processus métier sous un angle humain : un processus est ici vu comme orchestrant une suite d'interventions humaines pour traiter l'évènement métier déclencheur. La littérature parle de « *human-driven business process management* ». Il s'agit de reconceptualiser le processus du point de vue de l'activité humaine, et non de simplement rajouter des vues « humain » sans qu'aucun principe théorique explicatif des relations entre éléments ne soit proposé. C'est l'ambition d'une théorie de la coopération [46], de la Théorie de l'Activité (TA) [6], de la théorie de la cognition distribuée [19], de la cognition située [14], de l'action située [54] où, plus récemment, de la théorie de l'acteur-réseau [5] de conceptualiser l'activité coordonnée en prenant des distances avec les notions de « plans » et de « tâches » propres au fonctionnalisme cognitiviste [25], où avec la notion de « processus » qui l'incarne au niveau socio-économique.

En remettant « l'homme dans la boucle », ces théories priviligient l'observation de terrain. En effet, la performance de tout accomplissement pratique est, par contruction, très dépendante des circonstances dans lesquelles se déroule l'action[2] : l'activité (ou la pratique), plutôt que la tâche, devient dans ces théories post-cognitivistes le concept clé de l'analyse [51].

Pourtant, les approches « centrées humain » souffrent de défauts symétriques aux approches fonctionnalistes. D'une part, l'analyse de l'activité ne s'inscrit pas suffisamment dans une analyse du *contexte* qui tout à la fois détermine, contraint et autorise l'activité concrète des acteurs [3]. D'autre part, dès lors qu'on quitte le paradigme de la rationalité pour expliquer les comportements, il reste à identifier le (ou les) mécanisme à l'origine de la relative stabilité qui donne à la pratique son apparente routine et ses qualités fiables La stratégie des théories mentionnées précédemment consiste le plus souvent à mettre en avant la dimension « relationnelle » de toute activité : des *ressources* nombreuses et hétérogènes qui peuplent nos environnements culturels sont engagées dans une activité et s'articulent ensemble dans une même situation. L'articulation s'appuie sur des mécanismes divers (« association » dans l'acteur-réseau, « contradiction » dans la TA, « relation dialectique » dans la cognition située, « distribution » dans la théorie de la cognition distribuée, etc.). A un niveau microscopique, les ressources sont par exemple les structures que se fournissent mutuellement dans leur relation dialectique [25] les activités en cours d'un même individu (par exemple, lorsque celui-ci fait quelque chose, pense, communique et simultanément utilise un outil). A un niveau plus macroscopique, les structures des processus engagés dans une activité collective seront considérées comme largement distribués [17] ou bien encore les entités qui les composent se trouveront associées dans des réseaux sociotechniques [21][3].

Les notions de ressource et de relation (association, distribution, etc.) ne saurait pourtant à elles seules expliquer

[2] L'accent mis sur les accomplissements induit une démarche d'analyse qui cherche essentiellement à mettre en évidence que le phénomène étudié est un processus en train de se dérouler. L'épistémologie processuel ([55], [56]) semble être consubstantielle de préoccupations pour l'émergence, les micro-pratiques, et les phénomènes d'agencement dynamique des éléments hétérogènes participants à un réseau d'action.

[3] La théorie historico-culturelle de l'activité a été étendue récemment par ([7], [8]) pour prendre en compte l'orchestration distribuée (ou en réseau) et partiellement improvisée, constamment en mouvement, des conduites collaboratives des agents humains et non humains. L'analyse de la structuration de la collaboration entre entités ne peut privilégier le point de vue d'un éventuel centre de coordination ou de contrôle ou celui des individus ou des institutions contribuant à la constituer, mais doit porter au contraire sur les nœuds, instables eux-mêmes, qui connectent temporairement les fils d'activités en apparence dissociées.

Les notions de ressource et de relation (association, distribution, etc.) ne sauraient pourtant à elles seules expliquer la stabilité (ou le changement) des pratiques. Nous n'aborderons pas dans cet article le débat sur la place jugée par certain démesurée donnée aux actants non humains comme ressources privilégiées dans la théorie des réseaux sociotechniques, dans la mesure où ce débat a déjà été largement abordé dans la littérature ([51], [20]). Nous insisterons plutôt sur les routines. En effet, la routine pose problème à l'hypothèse de rationalité … mais aussi aux approches post-cognitivistes. Comment expliquer cette forme particulière et commune du comportement qu'est l'habitude, cette façon d'agir d'une banalité toute empirique, dans les termes de la rationalité ? L'existence des comportements routiniers est ainsi couramment mise en avant dans les discussions autour de « l'irréalisme » (ou de l'apriorisme) des constructions théoriques qui privilégient la rationalité. Ce point sur le concept de routine nous permettra ainsi de proposer une alternative aux approches de conception qui postulent une rationalité a priori des acteurs. Pour ce faire, nous nous appuierons largement sur les travaux de Pentland et Feldman (par exemple [9] ; [39] ; [38]) et, dans une autre perspective, plus régulationniste, sur les travaux de [40].

Les routines comme unité d'analyse

Si la rationalité cognitive ne peut expliquer les régularités que cherche à dégager le concepteur (comme l'observateur scientifique) pour construire ses cadres d'architecture, il nous faut trouver un autre concept de régularité. Les concepteurs et les décideurs cherchent en effet à expliquer la stabilité et le changement pour définir leurs « primitives » de conception ou de décision. Les routines sont un facteur de stabilité et de régularité des comportements, des groupes et des organisations.

Le concept de routine organisationnelle a été avancé pour la première fois de manière théorique par [31] pour expliquer le comportement des firmes dans une perspective évolutionniste. .Nelson et Winter distinguent les routines individuelles et les routines organisationnelles. La routine est rattachée à un principe général d'explication du comportement, en termes d'habitudes. Ce principe appliqué aux organisations conduit à distinguer (1) des "répertoires" de routines (ou dépôts) qui mémorisent des connaissances productives situées, (2) et les performances actuelles ou "routines en acte" qui en sont l'expression dans un certain contexte. La routine a de fait deux aspects (ou deux faces) : elle est d'un côté une performance en acte, mais aussi d'un autre côté, une connaissance accumulée, stockée sous une forme ou sous une autre. Des « messages » issus de l'environnement externe et de l'activité organisationnelle routinière activent les répertoires ou mémoires. Le contexte du « *problem solving* » productif intervient dans la définition des réponses. Le concept de routine repose donc sur les trois composants que sont 1) le principe d'une mémoire 2) qui s'active dans certaines circonstances et 3) donne naissance à des actions particulières. Le maintien à long terme de la continuité des routines et de la mémoire organisationnelle de l'entreprise donne naissance à des activités de contrôle, mais dont l'effectivité ne peut être que tendancielle.

Une routine est un objet complexe, encore mal compris en tant qu'objet scientifique. Les routines sont des systèmes génératifs, dynamiques et non des objets statiques. Une routine est un schéma abstrait que les acteurs mobilisent pour guider leur activité. Mais une routine est aussi un acte singulier, un accomplissement ou une performance exécutée par des personnes spécifiques, en un temps et en un lieu particulier. Cette dualité action - structure, subjectif - objectif ou comportement - disposition est aujourd'hui un trait reconnu, à l'origine du structurationnisme [13]. Latour [23] propose la distinction ostensif (aspect abstrait) / performatif (actes singuliers) pour rendre compte de la dualité de toute réalité. A l'image de l'action et de la structure, l'ostensif et le performatif sont mutuellement constitutifs. L'ostensif ne guide pas simplement la performance (comme une partition guiderait l'interprétation du musicien virtuose), il est consubstantiel à tout accomplissement ou action.

La définition ostensive de la routine organisationnelle

Des facteurs individuels comme la compétence, les habitudes ou la connaissance procédurale de l'agent contribuent naturellement au phénomène des routines organisationnelles. Mais nous distinguerons entre les routines individuelles et organisationnelles, lesquelles se caractérisent par des acteurs multiples et des actions interdépendantes. Les routines organisationnelles résultent de connexions entre de multiples participants et de leurs actions lesquelles forment une configuration que les individus peuvent identifier comme telle et dont ils peuvent parler comme d'une routine. Dans les contextes pratiques, ces aspects d'une routine organisationnelle peuvent être codifiés ou prescrits, comme permis et contraints, par divers artefacts. Ceux-ci peuvent prendre différentes formes (règles écrites, procédures, outils, bases de données et autres). Ils servent en quelque sorte de mandataire ou d'intermédiaire (*proxy*) à l'aspect ostensif de la routine. Les artefacts tels les mots de passe, les documents ou les bases de données peuvent fournir un historique pertinent de la trace laissée par la facette performative de la routine. Les traces numériques de l'activité commencent même aujourd'hui à être de plus en plus exploitées pour et en elles-mêmes (Laflaquière et al., 2007). Enfin, les artefacts peuvent être impliqués à des degrés divers dans la performance d'une routine, selon l'usage qu'en font les participants.

La définition performative de la routine organisationnelle

La facette performative d'une routine est proche de ce que Bourdieu [2], Ortner [36], Lave [25] et d'autres plus récemment ([56]; [21] ; [32]) appellent une « pratique ». Toute pratique est en soi improvisée [52]. De nombreux chercheurs ont mis en avant la nature improvisée de l'accomplissement des routines organisationnelles. Cependant, à l'image de l'improvisation musicale, le degré de divergence par rapport à la partition peut varier considérablement, d'ajustements mineurs à une réinvention totale. Il faut donc certainement être plus précis lorsqu'on évoque la nature « improvisée » d'une pratique. Symétriquement, la facette ostensive d'une routine se manifeste comme quelque chose d'abstrait et d'assez général, universel. L'aspect ostensif peut être considéré comme un récit [50], un « document de » [12] ou un script ([45]; [31]) de l'accomplissement pratique. Mais là aussi, le modèle abstrait, le script d'une routine, peut être d'un grain fin et dépendre du contexte. Prenons l'exemple d'un recrutement. La version courante de la facette ostensive d'un recrutement consiste à attirer, sélectionner puis choisir les candidats. Au sein d'une même entreprise pourtant, il peut y avoir d'infinies variations dans la « bonne » manière de recruter quelqu'un, en fonction du type d'emploi, du département concerné, et même de la période de l'année. En second lieu, la compréhension de cette procédure peut très bien ne pas être la même selon les personnes, d'un cas à l'autre, ou au cours du temps. En effet, des compréhensions multiples et divergentes sont la norme plutôt que l'exception. Pour ces diverses raisons, l'aspect ostensif d'une routine organisationnelle ne devrait pas être conceptualisé comme on le fait pourtant si souvent comme une entité unique, unifié.

Les artefacts et les routines organisationnelles

Les artefacts sont des manifestations « physiques » ou matérielles de la routine organisationnelle. La liste des artefacts qui facilitent et contraignent les routines est pratiquement sans fin. Les exemples les plus fameux sont justement ceux qui cherchent délibérément à capturer ou prescrire la routine, à l'image des règles formelles ou des procédures normalisées d'exploitation (ou *standard operating procedure* – SOP). Elles peuvent être incorporées dans les machines ou les logiciels qui soutiennent la prise de décision, le déroulement des opérations (*workflow*) et ainsi de suite.

Il est tentant de penser que ces règles ou procédures déterminent les modèles d'action qui composent l'aspect performative d'une routine organisationnelle. Malgré les critiques dont fait l'objet le taylorisme, il est pour ainsi dire dans la nature du travail de conception, dans les tâches de gestion et de management de créer de tels artefacts qui participent d'un effort pour façonner les pratiques réelles de travail. Mais les effets concrets de n'importe quelle règle ou procédure particulière sont souvent tout à fait éloignés de sa conception ou intention originale. Même les objets façonnés qui essayent de codifier le comportement sont par essence limités dans leur potentiel à indiquer des accomplissements particuliers [16]. Il y a toujours des détails contextuels qui demeurent ouverts, ne serait-ce que pour que la routine puisse seulement s'accomplir. Les règles peuvent constituer des artefacts importants, dans la mesure où elles fournissent des ressources pour des acteurs, à l'image de formulaires, de listes de contrôle, de normes et standard d'opération et autres objets façonnés. Les règles sont des ressources pour l'action, mais parce que les contextes changent, elles ne déterminent pas les accomplissements pratiques [12].

Il est également tentant de confondre un artefact avec l'aspect ostensive d'une routine organisationnelle. En raison de la nature multiple et distribuée de l'aspect ostensive, cependant, une telle assimilation serait une erreur. Si les procédures sont des objets façonnés qui peuvent être confondus avec l'aspect ostensive d'une routine, il est néanmoins plus approprié de les décrire comme des indicateurs de l'aspect ostensive de la routine ou, dans une autre perspective, comme l'indice des efforts pour codifier l'aspect ostensive.

Les divergences entre les aspects ostensifs et performatifs d'une routine

Les routines ne sont pas si facilement observables que cela dans une entreprise : celle-ci est en réalité un océan d'actions interdépendantes, d'interprétations et d'artefacts. L'identification d'une routine est déjà un acte de création, car il n'est pas toujours évident de cerner où commence une routine spécifique et où elle fini. Nous avons plutôt tendance à prendre ces frontières pour allant de soi, alors qu'en fait nous les surimposons, en tant qu'observateur, au phénomène original. Latour [23] va plus loin et estime qu'il n'y a pas de phénomène original : le phénomène, quel qu'il puisse être, est souvent ce que nous avons justement tendance à recouvrir. Nous recouvrons l'idée de routine de couches d'actions, d'acteurs et d'artefacts physiques. Les participants réagissent comme les observateurs non impliqués (chercheur, concepteur…), parce que l'exécution d'une routine peut mobiliser un composant tacite important. L'aspect ostensive des routines tend à renforcer le caractère concret et l'identité d'une routine, et nous permet d'englober dans un schéma un ensemble complexe d'activités à l'aide d'une étiquette toute simple : « recrutement ». La nature « prise pour allant de soi » de la routine en tant que tout objectif – « recrutement » - nous amènent insidieusement à penser que c'est parce qu'ils font partie de la « même » routine que les aspects ostensive et performative sont également les « mêmes » par nature. Une prétention tout aussi semblable pourrait être faite à propos des artefacts.

La théorie des communautés de pratique [57], [49] est un exemple de conceptualisation élaborée pour mettre en avant cette tension. Wenger ([57], p. 254) nous met en garde contre l'effet de ces confusions sur les questions de *design* : « La structure de la pratique est émergente, à la fois malléable et fragile, mais toujours en train de se réinventer face à de nouveaux évènements. Le lien entre le *design* et la pratique est ainsi toujours indirect. La pratique ne peut être le résultat d'un *design*, elle en constitue plutôt une réponse. De sorte que des consignes de plus en plus détaillées relatives à la pratique risquent d'être contournées, surtout lorsqu'une forme de responsabilité institutionnelle leur est associée. Un *design* robuste comporte donc toujours un côté malléable : c'est toujours un design minimaliste, adaptable à chaque cas ». Il poursuit en insistant sur le fait que « la pratique est une réponse à l'organisation conçue, et non son produit. Les organisations sont donc ainsi toujours des doubles structures qui articulent le conçu et l'émergent. Le design institutionnel et la pratique sont deux sources structurantes qu'il faut chercher à articuler (…) L'organisation représente en quelque sorte la rencontre de deux structures : la structure conçue de l'institution et la structure émergente de la pratique. Cependant, l'institution et la pratique ne peuvent pas fusionner, car elles sont différentes ».

Quand les chercheurs prennent pour allant de soi l'existence des routines, il leur est facile de ne pas remarquer le potentiel de divergence entre les composantes ostensives, performatives et artefactuelles. Pourtant les acteurs peuvent très bien exécuter une routine d'une façon qui diverge du schéma général des performances habituelles, aussi bien d'un point de vu prescriptif que descriptif, qui diverge à son tour d'artefacts en place tels que les règles officiels. Pentland et al. [38] ont ainsi comparé le travail d'agents de voyage et de bibliothécaires. Les agents de voyage voient leur travail comme quelque chose de simple, consistant en trois sortes de réservations : billets d'avion, hôtels et location de voitures. En revanche les bibliothécaires considèrent leur travail comme nécessitant la maîtrise d'un nombre infini de spécialités allant de l'astrophysique à la zoologie. Lorsqu'on les interroge sur la variété de leur travail, les bibliothécaires renvoient l'image d'un travail hautement varié alors que les agents de voyages considèrent leur travail comme tout à fait « routinier ». L'observation de l'accomplissement des tâches par des observateurs extérieurs, cependant, montre exactement le contraire. Pour accomplir les réservations « avion, hôtel ou location de véhicule » les agents de voyage sont impliqués dans des séquences d'actions élaborées et extrêmement variées. En comparaison, les bibliothécaires ont un modèle répétitif simple avec des profils de public.

Plutôt que d'attribuer la réponse « subjective » au questionnaire d'entretien ou aux observations « objectives », on peut expliquer ces différences en précisant que l'interview interroge plutôt les aspects ostensive de leur travail, « l'idée » de la routine en quelque sorte, alors que les observations s'ancrent sur la partie plus performative du travail.

	Ostensif	Performatif
Agents de voyage	Variété faible	Variété forte
Bibliothécaires	Variété forte	Variété faible

Figure 3: Les aspects ostensives et performatives mènent à des résultats contradictoires (d'après Pentland et al., [38]).

Tout ceci est cohérent avec d'autres résultats qui mettent en avant l'idée que les routines tendent à être stockés dans la mémoire procédurale. A mesure qu'une routine est très pratiquée et devient familière, il devient plus facile de l'accomplir, mais plus difficile de l'exprimer ou de l'expliquer. Les participants à une routine peuvent à la limite dire ce qu'ils font (louer un service, élaborer un budget, produire des voitures, etc.) mais pas comment ils le font. Dans les termes du modèle proposé par Pentland et Feldman, l'aspect performative d'une routine devient progressivement tacite. Ainsi, lorsqu'ils sont interrogés sur leur travail au cours d'entretiens, les participants semblent ne pouvoir récupérer que l'idée générale d'une routine (« billet d'avion, réservation d'un hôtel, location de voiture »), qui ne reflète que l'aspect ostensif. Les séquences d'actions exigées pour effectuer réellement le travail, que nous appelons l'aspect performatif, peuvent être tout à fait différentes. Ces résultats fournissent des arguments à l'idée selon laquelle les perspectives ostensives et performatives sont empiriquement différents. Les unités d'analyse qui semblent plus variables selon la perspective ostensive sont moins variables selon une perspective performative, et inversement. Cette caractéristique, si elle est vraiment confirmée, pourrait avoir des implications importantes pour toute étude s'appuyant sur la variabilité d'une routine comme variable dépendante (à expliquer) ou indépendante (explicative). Considérons par exemple l'hypothèse selon laquelle les routines ayant une variabilité faible auraient à une plus grande efficacité[4]. Selon l'aspect de la routine que l'on mesure en évaluant cette hypothèse, il est possible d'obtenir une conclusion strictement opposée.

Quelle (s) approche (s) pour l'étude des routines organisationnelles ?

A l'issue de cette nouvelle conceptualisation, [39] suggèrent trois approches des routines organisationnelles. A un extrême il est possible de ne pas prendre en considération leur structure interne et de traiter les routines comme des boîtes noires. A un autre extrême, on peut explorer dans toute sa pleine complexité les interactions entre les aspects ostensifs, performatifs et artefactuels. Entre ces extrêmes, enfin, on peut examiner chaque aspect d'une routine indépendamment, un aspect après l'autre.

---

[4] Il faut reconnaître que c'est une hypothèse qui a souvent la sympathie implicite des concepteurs de systèmes.

Les routines en tant que boîtes noires

L'approche boîte noire est la plus courante. En réduisant la routine à un tout fonctionnel dont on cherche à comprendre les entrées, les sorties et la performance ou le résultat dans un but de description, de prédiction ou de comparaison, on évite d'avoir à regarder dans le détail leur structure interne dans toute sa complexité. Cette perspective est celle qui est souvent privilégiée dans la conception de systèmes d'information, par exemple dans la modélisation des tâches, des rôles, des données et des entités organisationnelles. Même s'il est vrai que les routines semblent fonctionner « comme si » elles pouvaient être assimilées à des habitudes individuelles [48], des programmes d'ordinateur [28] ou à un code génétique [31], la perspective boîte noire, pour simple et générale qu'elle soit, n'est la plupart du temps pas suffisamment précise. La structure interne des routines organisationnelles semble en réalité plus variable et objet de controverses entre les acteurs qu'elle n'apparaît une fois vue comme une boîte noire.

L'examen de chaque partie d'une routine

Pour parvenir à expliquer les dynamiques de routines singulières, il apparaît nécessaire de défaire ou de désassembler la routine, pour en voir l'intérieur et examiner sa structure interne. C'est ce que propose l'approche par l'examen des parties d'une routine. Pentland et Feldman distinguent trois façons de procéder, selon que l'analyste prend en compte a) les performances b) l'aspect ostensif ou c) les artefacts connexes à une routine.

a) Du point de vu performatif, les routines se composent de nombreux accomplissements pratiques. Ces actions sont exécutées par des personnes spécifiques, pour des raisons spécifiques, à des moments spécifiques et en des lieux spécifiques. L'examen et la comparaison des performances est une voie importante de compréhension des relations entre le contexte et l'action. Les études qui comparent des aspects performatifs le font généralement en considération d'un changement spécifique du contexte. De nombreuses études de terrain, ethnographiques, empiriques, analysent des pratiques accomplies et situées dans des circonstances précises, concrètes et spécifiques (par exemple, [18]). Ces études sont fortes sur les détails mais manquent de simplicité. Beaucoup de choses se produisent en même temps et n'importe quel résultat est susceptible de se produire. Des études et des simulations expérimentales sont conçues pour isoler des facteurs explicatifs et pour fournir plus d'informations au sujet de la probabilité qu'une cause particulière créée un effet particulier. Bien que les expériences et les simulations ne permettent pas d'étudier les interprétations telles qu'elles sont exécutées par les acteurs dans le contexte qui est le leur et passent donc à côté des nuances subtiles qui accompagnent ces accomplissements pratiques, elles permettent aux chercheurs de comparer des conditions alternatives et de produire de grands volumes de données par des voies qui ne seraient pas envisageables d'emprunter dans des organisations réelles.

b) Une recherche empirique sur ce qui est ostensif peut également être repérée. L'accent est mis dans ce cas sur l'idée abstraite de routine. De nombreux chercheurs de terrain observent des accomplissements particuliers dans le but d'écrire des choses sur l'aspect ostensif des routines. Dans ce type d'études, des performances spécifiques sont utilisées en tant qu'exemples, mais le cœur du propos est l'idée générale de routine. Alors que dans certaines études les données recueillies résument un grand nombre de performances particulières, d'autres recherches recueillent de l'information au sujet du contour général d'une routine, sans référence à des performances particulières. C'est le cas des premiers référentiels de processus [26] qui ont donné naissance à des initiatives qui fleurissent aujourd'hui dans le domaine de la modélisation de processus métier (process warehouse, Intalio, Lombardi…) et qui présentent des descriptions abstraites de centaines de routines organisationnelles, mais aucun information sur des accomplissements pratiques qui auraient réellement existés.

c) Dans la pratique, les chercheurs utilisent les artefacts en tant qu'indicateurs des aspects ostensifs et performatifs. Certains objets façonnés tendent à refléter l'aspect ostensif, à l'image des règles, des procédures, des cheklists ou des formulaires. Les objets façonnés qui supportent des processus peuvent être regardés comme des indicateurs d'accomplissements. Comme cela a été évoqué précédemment, il est toutefois quelque peu risqué de traiter les artefacts comme les indicateurs fiables de l'aspect performative ou ostensive d'une routine. Étudier des routines en étudiant des artefacts peut être particulièrement attrayant en raison de la stabilité et de la facilité relative d'identifier des objets façonnés. Les artefacts peuvent être étudiés de manière variée. Lorsqu'on étudie par exemple l'aspect routinier d'une tâche, on peut déjà s'appuyer, si elles existent, sur les descriptions formalisées existantes du poste de travail, en tant qu'indicateur basique de la routine. D'autres chercheurs étudient les artefacts en tant qu'aspects relativement fixes de la performance organisationnelle. Les chercheurs qui étudient comment les technologies déterminent la performance, par exemple, prennent le plus souvent la technologie comme donnée. D'autres, comme Wanda Orlikowski [33], étudient au contraire de quelle manière les artefacts technologiques évoluent.

L'étude des interactions au sein des routines

Comme l'indique Pentland et Feldman, pour comprendre la dynamique d'une routine – les facteurs qui produisent la stabilité ou le changement – on doit aller au-delà de la seule prise en compte de sa structure interne. Certaines recherches ont alerté sur l'existence de plusieurs composants constituant les routines organisationnelles [52], existence qui explique le résultat apparemment para-

doxal qui fait que les routines organisationnelles contribuent à la fois à la stabilité et au changement. On peut donc commencer à étudier les interactions entre les trois aspects des routines ou sous-ensembles de ceux-ci. Il y a trois principales relations à prendre en compte : a) les relations entre les aspects ostensifs et performatifs d'une routine b) les relations entre les routines ostensives et les artefacts c) les relations entre le performatif et les artefacts. L'exploration des relations entre ces trois aspects peut offrir une meilleure compréhension des sources de la stabilité, de la rigidité, de l'innovation et du changement dans les routines organisationnelles.

Les interactions ostensif-performatif

Les relations entre les aspects ostensifs et performatifs des routines ont fait l'objet d'un nombre considérable de travaux. Les questions se cristallisent sur la diversité d'un aspect ou de l'autre ou encore sur la divergence entre l'aspect ostensif et performatif de la routine, ainsi que sur l'effet de cette divergence, par exemple sur la performance. Mais la divergence constatée peut aussi alimenter les questions qui tournent autour de la légitimité de tel ou tel aspect dans des contextes de conception ou bien de management. On peut aussi se demander dans quelle mesure les relations entre l'ostensif et le performatif des routines encouragent ou au contraire limitent la stabilité et l'inertie d'un côté, la flexibilité et le changement de l'autre. Ainsi des assortiments plus disparates entre les deux aspects pourraient probablement indiquer l'existence de flexibilité ou de changement. L'apprentissage organisationnel a souvent été vu comme le résultat d'une dynamique équilibrée entre ces deux facettes d'une routine alors qu'une divergence trop forte est plutôt un moteur pour les conflits qui agitent les organisations.

Les interactions artefact-performatif

Les artefacts sont des traces physiques d'une routine organisationnelle. Les documents sont des traces physiques courantes mais d'autres objets comme les machines peuvent aussi jouer ce rôle. Les procédures normalisées d'exploitation (ou *standard operating procedure* - SOP) décrivent souvent dans un document le déroulement d'un processus, les procédés qui y sont utilisés, les tâches des acteurs, les mesures de contrôle, ainsi que les rôles et les responsabilités. De sorte que l'alliance entre l'artefact et l'activité, lorsque celle-ci est regardée à travers la représentation qu'en donne une procédure, est fréquemment recherchée dans les organisations. Une des conditions qui semble influencer la divergence entre un artefact et un accomplissement pratique est la capacité à observer ou à guider des accomplissements. L'on pourrait spéculer que dans les situations où les exécutions sont difficiles à observer ou à contrôler, les nouvelles exécutions (improvisations, raccourcis, etc.) peuvent avoir peu d'impact sur des artefacts tels que des règles, et vice-versa. Dans cette circonstance, l'objet façonné peut être très stable (les règles restent identique), quand en fait la pratique réelle change de manière tout à fait significative. Une autre condition est le degré de spécificité des artefacts. Ceci est le plus facilement perceptible lorsque les objets façonnés sont des règles écrites. Dans certains contextes, il est difficile d'écrire des règles qui spécifient des comportements particuliers. Si les règles sont vagues, on pourrait attendre que les performances varient plus largement que lorsque les règles sont plus spécifiques. Le transfert de routines d'un contexte a l'autre à souvent été observé. Parfois l'adaptation d'une routine d'un contexte à l'autre nécessite un effort important alors que dans d'autres circonstances une routine peut être rapidement transférée. Il est tout à fait possible que les différences dans l'effort de transfert soient dues à la relative difficulté à spécifier des comportements particuliers dans des contextes différents.

La codification, quelque soit sa nature, est une activité intrinsèquement politique et fortement contestable, selon [54]. Lave partage ce jugement qu'elle étend aux activités d'abstraction préalables consenties pour rendre un savoir indépendant du contexte (ou *context-free*). Lave nomme de telles pratiques des « pratiques sociales de décontextualisation » ([25], p. 22), pratiques dont la nature politique ne fait aucun doute pour elle. En partie pour cette raison, la codification est quelque chose qui est généralement très contrôlée hiérarchiquement. Par conséquent, le rapport entre l'artefact et les accomplissements semble particulièrement propice pour mettre à jour les relations de pouvoir dans une organisation. Ainsi on peut dire que l'adéquation entre l'exécution d'une tâche et la procédure normalisée sensée la guider est une mesure du contrôle. Dans les environnements où les employés ont plus de contrôle sur la façon dont ils accomplissent leurs tâches, la procédure normalisée pourra être soit un consensus des employés au sujet de ce qu'ils font, soit une compréhension suffisante des managers de ce que font les employés. Dans chacun de ces cas, les implications de la divergence entre l'artefact et la performance valent la peine d'être explorées. Peu de divergence dans un environnement de commande et de contrôle signifie un commandement hiérarchique solide qui peut inclure des techniques de surveillance pour assurer que les actions prescrites sont acceptées. Peu de divergence dans un contexte plus responsabilisant peut indiquer que les managers comprennent et légitiment le travail que leurs subalternes effectuent. Beaucoup de divergence dans l'environnement de commande et de contrôle peut indiquer une résistance ou un malentendu profond au sujet de ce qui est accepté ou non pour effectuer le travail. Dans un contexte plus responsabilisant, la divergence peut indiquer un modèle qui est périmé ou un manque d'attention envers la création de l'artefact.

Des questions du même ordre subsiste lorsque les artefacts sont des objets tels que des machines plutôt que des documents. Les chercheurs qui ont étudié les technologies de travail et la manière dont elles influencent le pro-

cessus de travail ont entrepris des recherches sur cette relation ([33], [34], [35]). Les conclusions sont les mêmes : la même technologie peut être appropriée de bien des manières par différents ensembles d'acteurs. Les technologies sont des ressources pour l'action, mais ne déterminent pas nécessairement l'action.

Les interactions artefact-ostensif

Les relations entre les artefacts et l'aspect ostensif de la routine sont le plus souvent ignorés car le potentiel de divergence est susceptible d'être oublié. On considère que l'artefact le plus apparent est justement à titre principal la routine, la compréhension mutuelle, le récit. En d'autres termes, des procédures standard sont souvent prises pour l'aspect ostensif. Il peut en effet y avoir des moments où le rapport entre l'artefact et l'aspect ostensive est étroit. L'offre d'emploi ou le procédé peut exprimer une compréhension consensuelle au sujet du processus et de l'intention qui sous-tend la routine de recrutement. Mais il n'est pas rare qu'il y ait une compréhension non consensuelle ou que la compréhension mutuelle soit différente de l'artefact.

Alors que les relations entre l'artefact et le performatif concerne le contrôle du comportement, les relations entre l'artefact et l'ostensif concerne l'alignement des documents et autres objets avec ce que nous comprenons de ce que nous devons faire bref, la compréhension de la tâche à accomplir. Les règles écrites ou les procédures peuvent être des tentatives d'une partie du management pour prescrire ou encourager une manière particulière d'interpréter la routine organisationnelle. La divergence entre l'artefact et l'aspect ostensif peut indiquer un désaccord entre les opérateurs et le management et être l'expression d'une divergence dans les buts entre différents groupes. Du point de vue du management, les routines qui se conforment aux normes pertinentes (yc normes Hygiène et Sécurité, ISO 9000 ou référentiels Cobit, CMMI et ITIL pour la gestion des services informatiques) peuvent être une bonne voie pour organiser le travail. Du point de vue des opérateurs, ces normes peuvent être perçues comme inutiles et rendre encore plus difficile pour eux la réalisation du travail de la manière qu'ils jugent appropriée.

A l'image des relations entre l'artefact et l'exécution de l'action, beaucoup d'autres questions et de relations possibles peuvent se poser quand nous pensons aux artefacts aussi bien qu'à tous les objets qui participent à la routine. Par exemple, quand nous prenons en compte non seulement les formulations employées dans les offres d'emploi mais également les appareils téléphoniques utilisés et les appels téléphoniques passés ainsi que les réseaux de relations professionnelles mobilisés qui sont autant de contacts potentiels pour décrocher un travail, la représentation qu'on a de la recherche d'emploi est très différente. Différentes définitions de ce qu'est un artefact indiqueront différentes visions du rapport entre ces artefacts et l'aspect ostensive de la routine.

DISCUSSION

Cet article porte sur les cadres d'architecture, l'intégration des vues « humain » dans les cadres d'architecture, et le problème pratique que pose la prise en compte du « point de vue de l'acteur » dans la spécification sur la façon d'organiser et de présenter l'architecture informatique d'un organisme. Soit le concepteur est contraint de faire une hypothèse de rationalité quant à la conduite des acteurs soit, comme nous y invite les travaux de Nelson & Winter, il lui appartient de faire une hypothèse alternative, celle de routine rattachée à un principe général d'explication du comportement, en termes d'habitudes. Cette dernière explication rencontre généralement la faveur des courants post-cognitivistes [51] qui penchent en faveur d'une routinisation de l'activité dans une organisation (comme dans la société). L'idée est alors de mettre l'accent sur la routine comme unité d'analyse. Néanmoins, et comme nous y invitaient déjà Nelson & Winter [31], il faut reconnaître l'ambiguïté fondamentale de cette notion, ce qu'elle désigne dans le détail, son champ et son contenu réel. Ceci les amenait déjà à distinguer deux aspects ou faces d'une routine organisationnelle : la forme apparente et immédiatement visible de la performance ou routine en acte (niveau externe) ; et l'ensemble des principes qui permettent de générer dans un certain contexte une performance particulière, ou la routine comme stockage cognitif et « mémoire », répertoires de routines (niveau interne). Cette analyse est reprise dans les travaux de Pentland & Feldman. Leur thèse est qu'il est utile de prendre en compte les différentes parties d'une routine, aussi bien séparément que leurs interactions. En particulier, l'ouverture de la structure interne d'une routine révèle l'importance du pouvoir.

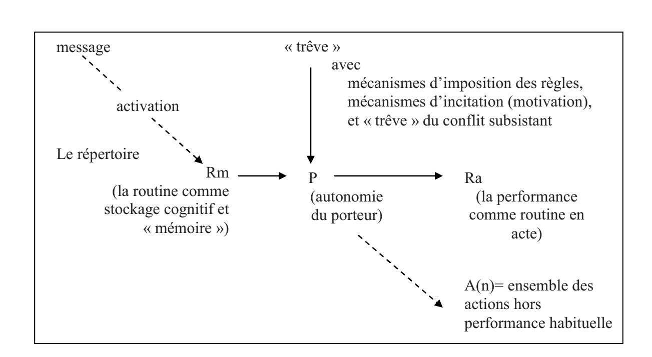


Figure 4: La place de la trêve dans l'activation des routines (d'après Mangolte [27]).

Le pouvoir est l'une des problématiques les plus importantes que la structure interne de la routine organisationnelle expose, laisse voir. Par pouvoir on entend la capacité d'influencer les cours d'actions que les gens prennent [4]. Nelson et Winter [31] font référence à

l'importance des relations de pouvoir dans les routines lorsqu'ils énoncent leur idée de « routines en tant que trêve ». La routine en tant qu'idée de trêve (*truce* en anglais) suggère une conception de la routine comme résolution d'un conflit. Le cadre qu'ils proposent pointe du doigt les types de divergence à l'intérieur d'une routine qui peuvent former le lieu de dynamiques de domination et de résistance. L'existence d'une routine n'indique pas nécessairement qu'un état de trêve est atteint. Le conflit politique peut être et est certainement constitutif de certaines routines. L'aspect ostensif plane toujours dans l'air dans une certaine mesure, et il peut potentiellement être revisité chaque fois que la routine est exécutée. Cette perspective suggère que la trêve est quelque chose de relatif plutôt qu'une limite absolue. L'existence à un moment donné d'une coordination effective des différentes activités routinières des membres de l'organisation est possible tout comme le maintien temporel de cette coordination. En même temps, il paraît illusoire de s'appuyer sur l'hypothèse de trêve du conflit intra-organisationnel pour la validation d'une conception de systèmes, comme semble le faire les cadres d'architecture. La routine comme trêve ou, plus précisément encore, l'idée d'une « trêve des conflits » qui sous-tend le concept même de cadre d'architecture ne laisse que peu de place à la prise en compte des ajustements nécessaires entre les motivations des membres de l'organisation et les exigences du fonctionnement de celle-ci. Les mécanismes qui canalisent les comportements dans les organisations (mécanismes de contrôle des comportements, mécanismes d'incitation, règles opérationnelles standards, etc.) ne peuvent en tout état de cause éradiquer le conflit, les membres de l'organisation restant dotés d'une certaine autonomie. Le conflit n'est ainsi jamais totalement canalisé, ni éradiqué, et le principe même de l'autonomie des individus (et membres de l'organisation) s'oppose à une disparition totale des actions réellement « autonomes », c'est-à-dire contradictoires avec le maintien du lien organisationnel. Autrement dit, la performance de l'organisation dépend toujours des motivations individuelles et de l'état des relations sociales existantes [27].

L'analyse de l'ampleur et de la stabilité des trêves par rapport aux routines particulières qui sous-tendent les catégories de modèles (appelés "vues") abordant les facteurs humains et la coordination des activités des membres de l'organisation serait donc un sujet fructueux de recherche. Il conduirait à mieux prendre en compte, au-delà de la seule dimension cognitive-instrumentale, la manière dont les répertoires de routines cristallisent des relations sociales qui, une fois stabilisées, deviennent des institutions.

BIBLIOGRAPHIE

1. Baker, K., Pogue, C, Pagotto, J., & Greenley, M., *Human Views: Addressing the human element of capability-based decisions*, document disponible sur le site http://www.dsto.defence.gov.au/attachments/MGreenley_Human_Views_TTCP_HSI_submission.pdf
2. Bourdieu, P., *Outline of a theory of practice*. New York: Cambridge University Press. viii, 248 pp, 1977.
3. Chaiklin, S., Lave, J. ed., *Understanding Practice: Perspectives on Activity and Context*, Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
4. Dahl, R. A., `*Power as the Control of Behaviour'*, in David L. Shills (ed.) International Encyclopedia of the Social Sciences, Macmillan, New York, 1968.
5. Delalonde, C., Soulier, E. (forthcoming), *DemonD: a Social Search Engine built upon the Actor-Network Theory*, in Chevalier, M., Julien, C., Soulé-Dupuy, C. (eds), Collaborative and Social Information Retrieval and Access: Techniques for Improved User Modeling, IGI Global.
6. Engeström, Y., *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finland: Orienta-Konsultit Oy, 1987.
7. Engeström, Y., Engeström, R. and Vähäaho, T., *When the center does not hold: The importance of knotworking*, in S. Chaiklin, M. Hedegaard et U.J. Jensen (eds), Activity Theory and Social Practice: Cultural-historical Approaches, Aarhus, Aarhus University Press, 1999.
8. Engeström, Y., *L'interagentivité orientée-objet: vers une compréhension de l'intentionnalité collective dans les activités distribuées*, in Jean-Marc Barbier et Marc Durand, Sujets, activité, environnements. Approches transverses, Paris, PUF, 2006.
9. Feldman, M.S., *A performative perspective on stability and change in organizational routines*, Industrial and Corporate Change, 12, 727-752, 2003.
10. Feldman, M. S. and Pentland, B. T., "*Reconceptualizing Organizational Routines as a Source of Flexibility and Change*" Administrative Science Quarterly, 48(1), 94-118, 2003.
11. Fidock, J., *Organisational Structure and Information Technology (IT): Exploring the Implications of IT for Future Military Structures*, Edinburgh, DSTO, 2006.
12. Garfinkel, H., *Studies in ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1967.

13. Giddens, A., *Central Problems in Social Theory: Action, Structure, and Contradiction in Social Analysis*. Berkeley: University of California Press, 1979.

14. Handley, H & Heacox, N., *Including Organizational Cultural Parameters in Work Processes*, in Proceedings of the 2004 Command and Control Research and Technology Symposium, 2004.

15. Handley, H., & Smillie, R. *Architecture Framework Human View: The NATO Approach* in Systems Engineering, 2008, Volume 11 Issue, 2008.

16. Hatchuel, A., *Coopération et conception collective: Variété et crises des rapports de prescription*. In G. De Terssac and E. Friedberg, editors, Coopération et Conception, pages 101-121, Octares Editions, 1996.

17. Hollan, J., Hutchins, E., and Kirsh, D., *Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research*, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Volume 7 , Issue 2 (June 2000), Special issue on human-computer interaction in the new millennium, Part 2, Pages: 174 – 196, 2000.

18. Hutchins, E., *Organizing work by adaptation*. Organization Science, 2:14-39, 1991.

19. Hutchins, E, *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995.

20. Kaptelinin, V. and Nardi, B., *Acting with Technology: Activity Theory and Interaction Design*. Cambridge: MIT Press, 2006.

21. Knorr Cetina, K., Schatzki, T.R., Von Savigny, E. (eds), *The Practice Turn in Contemporary Theory*, London, Routledge, 2001.

22. Laflaquière J., Settouti L.-S., Prié Y. et Mille A., *Un environnement pour gérer des traces comme inscriptions de connaissances*, LIRIS Research Report, 2007, 10 pp

23. Latour, B., "*The powers of association*". In: Law, J. (ed.) Power, action and belief. A new sociology of power? (pp. 264–280), London, Routledge and Kegan Paul, 1986.

24. Latour, B., *Changer de société. Refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte, 2006.

25. Lave, J., *Cognition in practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.

26. Malone, T. W., Crowston, K. G., Lee, J., Pentland, B., Dellarocas, C.,Wyner, G., Quimby, J., Osborn, C. S., Bernstein, A., Herman, G., Klein, M., & O'Donnell, E., "*Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes*", Management Science, 45, 3 (March), 425-443, 1999.

27. Mangolte P.-A., *Le concept de « routine organisationnelle ». Entre cognition et institution*, thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université de Paris-Nord, 1998.

28. March, J. G., and H. A. Simon, *Organizations*. New York: Wiley, 1958.

29. Mintzberg, H., *Structure et dynamique des organisations*, Paris, Editions d'Organisation, 1982.

30. NATO RTO HFM-155 Human View Workshop, *The NATO Human View Handbook*, 2008,

31. Nelson, R. R., and Winter S.G., *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge. MA: Harvard University Press, 1982.

32. Nicolini, D., Gherardi, S. & Yanow, D., "*Introduction: Toward a Practice-Based View of Knowing and Learning in Organizations*" in Nicolini D., Gherardi S. & Yanow D. (eds), Knowing in Organizations. A Practice-Based Approach, M.E. Sharpe, 2003.

33. Orlikowski, W.J., *The Duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations*. Organization Science 3:398-427, 1992.

34. Orlikowski, W.J., "*Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations*." Science, 11: 404-428, 2000.

35. Orlikowski, W.J., *'Improvising Organisational Transformation Over Time: A Situated Change Perspective*, Information Systems Research, Vol 7, No 1, 1996.

36. Ortner, S.B., *Theory in anthropology since the sixties*. Comparative Studies in Society and History 26:126-66, 1984.

37. Palanque P., Long J, Tarby JC, Barthet MF, Lim K.Y *Conception d'applications ergonomiques : une méthode pour informaticiens et une méthode pour ergonomes* in actes d'ERGO.IA'94, 1994

38. Pentland, B. T. and Rueter, H. H., "*Organizational Routines as Grammars of Action*" Administrative Science Quarterly, 39(3): 484-510, 1994.

39. Pentland, B. T. and Feldman, M. S., "*Organizational routines as a unit of analysis*" Industrial and Corporate Change, 14(5), 793-815, 2005.

40. Reynaud, B., "*Les propriétés des routines: outils pragmatiques de décision et modes de coordination collective*." Sociologie du travail, 1998 (4): 465477, 1998.

41. Rousseau, JM. & Normand, V. *Task modelling: a common framework for the ergonom and the computer scientist*, in actes d'ERGO'IA 94, 1994.

42. Ruault, JR. &Van Eylen, H. *Convergence entre cas d'utilisation (OOSE) et notion de tâche en ergonomie des IHM : possibilités et limites d'évolution des cas d'utilisation*. In actes d'IHM'97, 1997.

43. Ruault, JR. *UML and interactive systems, another step forward*. In Kolski C., Vanderdonckt J. (Eds.), Computer-aided Design of User Interface III. pp. 243-256, 2002.

44. Ruault, JR. *La place de l'humain dans le contexte des systèmes de systèmes*. In Luzeaux, D. et Ruault JR., (Eds.), Systèmes de systèmes : ingénierie, acquisition et utilisation, Hermes, 2008.

45. Schank, R.C. and Abelson, R.P., *Scripts, Plans, Goals and Understanding: an Inquiry into Human Knowledge Structures* (Chap. 1-3), L. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1977.

46. Schmidt, K., *Analysis of Cooperative Work. A Conceptual Framework*. Risø National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Denmark, June, 1990. [Risø-M-2890], 1990.

47. Schütz, A., "*The Problem of Rationality in the Social World.*" Economica 10:130–49, 1943.

48. Simon, H., *Administrative Behavior*. New York: Free Press, 1945.

49. Soulier, E., *Les communautés de pratique au coeur de l'organisation réelle des entreprises*. Systèmes d'information et management, Prix Cigref – AIM 2005, vol. 9 (2004), n°1, pp 3-23, 2004.

50. Soulier, E. (ed.), *Le Storytelling : concepts, outils et applications* (Traité IC2, série Informatique et systèmes d'information), Hermes Science Publications, 2006.

51. Soulier, E., Delalonde, C. et Petit, O., *Subjectivation et singularisation dans la perspective de l'apprentissage situé et de l'acteur-réseau*, Congrès International d'Actualité de la Recherche en Education et en Formation (AREF 2007), 28 août au 31 août 2007, Strasbourg, 2007.

52. Suchman, L. A., *Office procedures as practical action: Models of work and system design*. ACM Transactions on Office Information Systems, 1, 4, 320-328, 1983.

53. Suchman, L. A.. *Plans and situated actions: The problem of human-machine communications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1987.

54. Suchman, L.A., *Making work visible*. Communications of the ACM, 38, 9, 56-64, 1995.

55. Tsoukas, H., *Forms of knowledge and forms of life in organized contexts*. R. Chia, ed. In the Realm of Organization. Routledge, London, U.K., 43–66, 1998.

56. Tsoukas, H., Chia R., *On Organizational Becoming: Rethinking Organizational Change*, Organization Science, Vol. 13, No. 5, September-October 2002, pp. 567-582, 2002.

57. Wenger, E., *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge, U.K.; New York, N.Y.: Cambridge University Press. xv, 318 pp, 1998.

L'ethnométhodologie : une théorie pour l'étude des activités collectives ? – Une ressource pour l'ergonomie cognitive et organisationnelle ?

Hakim Hachour [ab]

(a) Groupe de Recherche en Ethnométhodologie et Cognition, Laboratoire Paragraphe EA 349, Université Paris 8, 2 rue de la liberté - 93200 St Denis. (b) Société CONITIC, Paris.
h.hachour@conitic.fr

RESUME

Après une succincte définition de l'ethnométhodologie, j'aborde une sélection des concepts et méthodes qui y sont employés, et ce, en vue d'évaluer leur pertinence vis-à-vis de l'étude des activités collectives. Des liens forts existent entre ces outils et ceux de l'ergonomie cognitive et organisationnelle. Cependant, la distinction ethnométhodologique réside dans la sélection et le traitement des données. Les présupposés auxquelles adhère l'ethnométhodologue le conduisent à varier son système de pertinence en vue de se centrer sur les représentations intrinsèques subjectives des acteurs sociaux. Cette connaissance anthropologique lui permettrait de rationaliser les structures sociales sous-jacentes d'accomplissements pratiques situés. Sans fonder une théorie de l'activité collective, l'ethnométhodologie constitue un apport épistémique utile à son analyse et sa compréhension. Elle permettrait notamment de développer le corpus des sciences de la conception.

MOTS CLES : épistémologie, sociocognition, signification, méthodologie, phénoménologie sociale.

ABSTRACT

After a brief definition of ethnomethodology, I approach a selection of its concepts and its methods in order to estimate their relevance towards the study of collective activities. Strong relations exist between these tools, and those employed in cognitive and organisational ergonomics. Nevertheless, the ethnomethodological distinction consists in the selection and the processing of data. He who adheres to ethnomethodological conception of activity has to vary his relevance system in order to focus on the subjective intrinsic representations of social actors. This knowledge would allow him to rationalize the underlying social patterns of situated practical action. If ethnomethodology doesn't found a theory of collective activity, it constitutes a useful epistemic contribution which helps to understand and analyse it. Ethnomethodology would in particular make it possible to develop the corpus of the sciences of Design.

KEYWORDS : epistemology, sociocognition, meanings, methodology, social phenomenology.

INTRODUCTION

L'objet de cet article est de présenter des concepts ethnométhodologiques en vue de déterminer la pertinence de leurs fondements vis-à-vis de l'étude des activités collectives. Au cours de mes premières recherches empiriques, j'ai noué de manière significative les gammes conceptuelle et utilitaire de l'ethnométhodologie avec celles de l'ergonomie cognitive (EC) et organisationnelle (EO), et ce, à partir de leur intérêt commun pour l'étude des communications [13 ; 14]. Personnellement concentré sur une approche communicationnelle des phénomènes créatifs et des activités de conception collective, j'ai été amené à découvrir l'intérêt des recherches ergonomiques sur ces sujets [6 ; 7 ; 8 ; 17 ; 29]. Darses et Montmollin ont reporté qu'un *rapprochement inattendu entre l'anthropologie*, *l'ethnométhodologie et l'ergonomie* avait été le fruit de travaux américains ; mais *ce rapprochement* resterait *pour autant ténu en France* [7, p.31]. A travers cet article, je tente justement d'expliciter l'articulation possible des concepts de ces « transdisciplines », et ce, en se fondant sur une approche compréhensive des phénomènes sociocognitifs.

Après un bref rappel historique et épistémologique de l'ethnométhodologie, je développe certaines de ses corrélations avec l'EC et l'EO, soit dans l'orientation scientifique qu'elles partagent, dans la deuxième section, soit dans leurs applications pratiques, dans la troisième section. Enfin, je conclus sur le potentiel de fonctionnalité d'un regard ethnométhodologique dans l'étude des activités collectives, plus particulièrement en ce qui concerne les activités de conception.

FONDEMENTS « TRANSDISCIPLINAIRES »

Depuis l'avènement de l'ère industrielle, de nombreux chercheurs se sont penchés sur la question de la scientificité d'une analyse du travail individuel et collectif. Les mouvements successifs de l'organisation scientifique du travail[1] et des relations humaines[2] ont précédé la fonda-

[1] Représenté notamment par Henri Fayol (1841-1925) et l'étude structurelle des organisations, ainsi que par Taylor (1856-1915) et la rationalisation du travail sur les chaînes de production.

tion des sciences cognitives et d'une ère nouvelle pour la sociologie [5 ; 18]. L'ethnométhodologie et la psychologie ergonomique sont deux de ces « réalisations épistémiques » issues du métissage disciplinaire de la deuxième moitié du 20ème siècle.

L'Ethnométhodologie

L'acte fondateur de cette science sociale est historiquement attribué à Harold Garfinkel (1917-) qui fait publier en 1967 l'ouvrage intitulé *Studies in Ethnomethodology* [10]. Ce dernier regroupe une collection de comptes rendus d'études et d'articles théoriques qui posent les fondations de ce que Garfinkel a nommé l'« ethnométhodologie », comme *science des activités quotidiennes socialement organisées* [10, pp.1-4]. En effet, cette compilation a officialisé une discipline active dans le milieu de la recherche en sciences humaines depuis le début des années soixante.

L'ethnométhodologie est une spécification de la théorie de l'action de Talcott Parsons (1902-1979), structuro – fonctionnaliste [22], résultante d'une intégration d'éléments issus des théories interactionnistes de l'école de Chicago et des thèses de la phénoménologie sociale schutzéenne [25 ; 26 ; 27]. Un prédécesseur commun à ces courants sociologiques s'incarne en la personne de Max Weber (1864-1920) *via* son approche compréhensive des phénomènes sociaux. Représentant de la sociologie allemande, Weber a contribué à la sociologie de l'action, des groupes, et du travail en considérant le sens subjectif des acteurs [31]. Cependant, Garfinkel a toujours revendiqué une « indépendance épistémologique » et un refus de participer à ce que Button a qualifié de « *business of sociology* » [9, p.297].

L'ethnométhodologie, qui s'est épanouie dans un environnement favorable à la sociologie qualitative dans les années soixante dix, s'est depuis mêlée à de multiples champs de recherche. Elle a pris le statut de complément théorique dans des domaines spécialisés assez divers, de l'étude même de la méthodologie en sciences humaines à celui des interactions homme–machine (IHM) et des activités coopératives assistées par ordinateur (CSCW) [3 ; 4 ; 30]. Parmi les successeurs pragmatiques de Garfinkel, les questions du cours d'action, de la prise de décision, de la planification, des communications, et plus généralement des facteurs organisationnels des activités collectives, se sont largement développées (pour citer quelques auteurs clés : Lucy Suchman, Graham Button, Bernard Conein, Andy Crabtree pour les IHM, Harvey Sacks et Emanuel Schegloff pour l'étude des communications, Aaron Cicourel pour l'analyse de la cognition individuelle et sociale). La littérature ethnométhodologique anglo-saxonne contemporaine valorise les travaux sur l'étude des communications interpersonnelles et l'analyse de conversation, activité principale recensée des ethnométhodologues contemporains [3 ; 11 ; 15 ; 24].

En France et dès 1973, des publications commencèrent à traiter de l'ethnométhodologie. Suite à la traduction d'articles fondateurs publiés dans la revue *Communications*, l'ethnométhodologie s'est vue reconnue par les sociolinguistes avant de s'étendre aux mouvements des sciences humaines, de celui des sciences de l'éducation, puis des sciences cognitives [19, Chap. 3.6]. Au début des années quatre-vingt, divers chercheurs français tels que Georges Lapassade, fondateur de l'analyse institutionnelle, Louis Quéré, sociologue au CNRS, ou encore Yves Lecerf, logicien, ont introduit cette discipline au sein de laboratoires français. Depuis, et selon un processus comparable à l'ethnométhodologie anglo-saxonne, la discipline s'est peu à peu mêlée à de nombreux champs d'investigation scientifique. Ainsi, d'une manière asystématique, des sociologues aux cogniticiens, l'empreinte de Garfinkel et de ses successeurs se manifeste. Pour citer quelques exemples en France : les travaux de Jacques Theureau [30] en sciences cognitives, ceux d'Alex Mucchielli [21] dans l'étude des processus de la communication, ceux de Catherine Kerbrat-Orecchioni en analyse des interactions verbales.

Selon l'analyse de Conein, l'ethnométhodologie aurait aidé à l'introduction de concepts nouveaux en sociologie, notamment des concepts communs aux sciences du comportement, aux sciences du langage et à la psychologie cognitive [2]. Il conviendrait alors de comprendre quelles sont les causes du manque de représentativité de cette *discipline* pourtant *attractive* [2]. L'une des explications de cette forme de « repli communautaire » serait que les représentants français n'aient pas su tirer partie des filiations européennes de l'ethnométhodologie. Alors que la phénoménologie, base théorique de la discipline, fut largement représentée en France par des penseurs de renom tels que Maurice Merleau – Ponty et Jean-Paul Sartre, cette épistémologie n'aurait pas été mise en avant par leurs successeurs ethnométhodologues.

Le « pour/quoi » de l'ethnométhodologie

La posture qui consiste à interpréter toutes *les activités quotidiennes socialement organisées* comme une conduite soumise à l'*attitude naturelle* est celle choisie par Garfinkel. Selon Schutz, qui a spécifié l'expression husserlienne, le monde social s'expérimente sous la posture de l'attitude naturelle. Sous cette posture, l'acteur social met en parenthèses ses doutes : « ce que [l'acteur] met entre parenthèses, c'est le doute que le monde et les objets qu'il contient pourraient être différents de ce qu'ils lui apparaissent. Nous proposons de nommer cette épochè, l'épochè de l'attitude naturelle » [25, p.229]. Cette conduite serait générée par l'expression de structu-

[2] A partir des travaux d'Elton Georges Mayo (1880-1949) sur « l'organisation cachée ». L'interactionnisme symbolique et l'approche qualitative ont donné un second souffle à ce mouvement. Lapassade et Lourau ont qualifié les psychosociologues comme en étant les successeurs [18, p.133].

res sociales sous-jacentes, génératives certes, mais dépendantes selon une relation réflexive du consensus des membres de l'activité.

Pour reprendre la formulation de Garfinkel, « lorsque je parle d'ethnométhodologie, je me réfère aux études des propriétés rationnelles des expressions indexicales et d'autres actions pratiques en tant que composition d'accomplissements, en cours de fabrication, de pratiques techniques quotidiennes organisées » [10, p.11]. Cette formulation dense peut être interprétée ainsi : l'ethnométhodologue se doit de considérer une activité humaine comme la manifestation unique d'une organisation dépendante du sens que prend cette activité pour ses acteurs. Le corpus constitué par les accomplissements pratiques signifiants d'un acteur est ce que Garfinkel a nommé un « membre d'une activité pratique » [16, p.121]. Cette dernière définition permet d'étendre le concept de membre à tout « agent » ou « opérateur » d'un système, c'est-à-dire toute entité capable de reconnaitre des éléments d'une situation et d'agir en conséquence.

Pour Garfinkel, l'un des premiers efforts de rationalisation d'une action pratique consiste à réduire la subjectivité de la situation en se centrant sur les manifestations significatives émergentes : d'où le lien entre l'ethnométhodologie et l'interactionnisme symbolique. En effet, il ne s'agit pas d'exclure les représentations internes. Bien au contraire, ces significations seraient réflexivement construites selon les procédures de reconnaissance de la situation [16]. Ces procédures seraient observables et descriptibles (ou *accountable*) pour le chercheur qui comprend puis adopte des dispositifs cognitifs de catégorisation symbolique – ou de *typification* – similaires : *les schèmes d'interprétation, d'expression et d'expérience* : le système de pertinence ou *style cognitif* de l'acteur [26 ; 27].

Ainsi, les dimensions anthropologique et ethnographique de l'étude des activités humaines se trouvent revalorisées. Elles deviennent indispensables à la compréhension des facteurs « réels » d'une situation donnée. Seul l'analyse descriptive de l'activité, et des moyens employés par ses membres pour rendre compréhensible leurs actions, permettrait d'accéder à ce sens implicite et caché qui conditionne leur choix d'action. Garfinkel rappela lui-même que *l'un des résultats qui distinguent l'ethnométhodologie est la validité praxéologique de ses descriptions qui peuvent être considérées comme des instructions d'action* [12, p.37]. Cette remarque fut celle qui me mena à construire les premiers liens théoriques entre l'ethnométhodologie, l'EC et l'EO. Le rapport entre procédure d'action et cognition est le thème principal et commun à ces disciplines : « la base procédurale de l'action qui – sur un plan pratique pour les acteurs et sur un plan théorique pour le spécialiste des sciences sociales – comble le fossé entre la cognition et l'action » [15, p.122 ; 24]. Il me reste à déterminer comment construire ces descriptions et quelles sont leurs fonctionnalités.

UNE SCIENCE DU TRAVAIL HUMAIN ORIENTEE « ACTIVITE »

Dans l'étude du travail humain, *la réunion de tous les domaines de la psychologie qui contribuent à l'ergonomie* consiste à mieux comprendre, en vue de l'améliorer, la compatibilité des systèmes organisationnels et sociotechniques avec le raisonnement des acteurs – à produire des connaissances sur l'être humain et l'action [1 ; 7 ; 8 ; 17]. Cette définition de l'ergonomie cognitive manifeste l'influence de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF) implantée en France depuis 1963 [8]. Brièvement, le projet scientifique de l'ergonomie est d'optimiser la conduite des activités humaines à travers la recherche d'une solution adaptée, l'intervenant pouvant ainsi construire un diagnostic pérenne.

« L'ergonomie cognitive s'intéresse aux processus mentaux, tels que la perception, la mémoire, le raisonnement […] dans leurs effets sur les interactions entre les personnes et d'autres composantes d'un système. Les thèmes pertinents comprennent la charge mentale, la prise de décision, la performance experte, l'interaction homme-machine, la fiabilité humaine, le stress professionnel et la formation dans leur relation à la conception personne-système […] L'ergonomie organisationnelle s'intéresse à l'optimisation des systèmes sociotechniques, ceci incluant leur structure organisationnelle, règles et processus. Les thèmes pertinents comprennent la communication, la gestion des ressources des collectifs, la conception du travail, […] le travail coopératif, les nouvelles formes de travail, la culture organisationnelle, les organisations virtuelles […] » [8].

Le fait d'adhérer aux définitions, revues en 2000, de l'Association Internationale d'Ergonomie, me mène au constat suivant : les thèmes pertinents des deux domaines de spécialisation de l'ergonomie que sont l'EC et l'EO sont également ceux qui ont motivé une grande partie des recherches en ethnométhodologie (*cf. supra*).

Les organisations – et les institutions – sont les premières demandeuses d'études. Les situations professionnelles sont par suite devenues l'un des terrains de prédilection des recherches en sciences humaines. Et la dimension organisationnelle du travail humain, qui découle naturellement de son aspect collectif, a été valorisée par la tertiarisation accélérée des activités des organisations. Celles-ci appellent désormais des recherches sur l'optimisation des processus productifs, collaboratifs et coopératifs (transversalité des relations, multiplicité des protagonistes, *proactivité*, etc.). L'étude des organisations et des situations de travail constitue la majeure partie du corpus ethnométhodologique et de celui de la psychologie ergonomique. Les ergonomes, en plus de l'inspiration cogniticienne, se seraient penchés plus

récemment, et parallèlement au développement des recherches organisationnelles, *aux théories sociologiques de l'interaction développée en ethnométhodologie* [17, p.3]. Pour préciser, l'observation ethnométhodologique d'une activité socialement organisée relève de l'acceptation d'une primauté du sens accordé par l'acteur à ses accomplissements pratiques. Loin d'être un *idiot culturel* (*judgmental dope*), il possède une compétence unique dans l'évaluation de ses actions [9 ; 10]. Cette orientation se justifie par un changement de conception théorique : l'activité professionnelle est un sous ensemble de l'activité humaine qui serait l'expression d'une « performance » sociocognitive comme toutes les activités quotidiennes. Le renouveau des études portant sur les activités mondaines provient également du fait qu'elles sont aujourd'hui intrinsèquement associées à des enjeux socioéconomiques étendus ; les *hobbies* qui consistent à faire du sport, jouer à une console de jeux vidéo, ou naviguer sur internet, sont le support d'une économie importante. Cela explique aussi l'intérêt d'étudier des activités non-expertes (utilisateurs finaux, usagers, novices) au même titre que celles des experts.

Je fais ainsi un nouveau constat d'une corrélation entre les domaines de l'ethnométhodologie, et de l'EC et l'EO : l'« orientation activité », c'est-à-dire l'adoption d'un point de vue systémique de l'organisation dans lequel l'acteur est un élément essentiel. Il est justement la source de données principale puisque seul capable de manifester les représentations symboliques qu'il construit au cours même de cette activité. Si les thèmes pertinents de l'EC et l'EO, et de l'ethnométhodologie sont communs, qu'en est-il de leurs gammes conceptuelle et méthodologique ?

CONCEPTS ET METHODES

L'approche compréhensive de l'activité humaine conduit le chercheur à préférer l'étude de terrain aux reconstitutions en laboratoire. L'étude efficace d'une organisation, d'une activité, serait le fruit d'une recherche localisée *in situ*, d'une observation réelle de l'activité au cours de sa réalisation. Mais quelles caractéristiques de cette situation rendraient l'étude plus efficace? Et quels sont les apports des acteurs à l'activité ?

La contextualisation de l'activité

Tout comme en ergonomie et dans l'étude constructiviste des communications [21], la place du contexte est centrale en ethnométhodologie. En effet, la compréhension de certaines expressions langagières n'est possible qu'à travers leur contexte d'énonciation, elles sont indexicales. L'indexicalité *– ou la relation de sens entre une expression et son contexte d'émission pragmatique* [10 ; 11] – serait inhérente à toute interaction langagière naturelle. Le chercheur doit alors prendre en considération le contexte lorsqu'il attribue lui-même des significations aux comportements des acteurs. Le problème résultant est le choix du référentiel à adopter. L'acteur attribuerait un sens à une manifestation en l'indexant à un référentiel commun qui inférerait sur le choix de son projet d'action. Ce *système de pertinence socialisé*[3] serait le fruit d'un consensus, d'un « accord partagé » – *shared agreement* – [10, p.30]. Cet accord partagé sur le sens d'une situation ou d'une manifestation typique serait un processus latent implicite et résultant de la *routinisation* – ou automatisation – des activités quotidiennes [10]. Ceci explique l'intérêt d'une étude de l'activité en situation réelle.

Le raisonnement des acteurs : du prescrit à l'accomplissement d'une activité réflexive

Si des manifestations significatives sont indexicales, elles sont également réflexives. C'est-à-dire qu'au cours d'une activité, les acteurs attribueraient des significations selon le contexte et de façon à orienter leur projet d'action vers un but pratique, et que ce sens résultant influencerait concomitamment l'appréhension même du contexte.

Pour prendre un exemple simple : un pilote d'avion dans un simulateur. Ce pilote attribuerait un sens aux manifestations qu'il perçoit en les interprétant comme ceux d'un simulateur mais selon une relation réflexive il augmenterait ce sens d'un sens plus large en se projetant dans une situation autre : un vol réel par exemple. Cette projection influence alors le sens contextuel : le simulateur est également un avion, *et plus problématique, l'avion pourrait implicitement être appréhendé en tant que simulateur*.

Pour reprendre l'explication formulée par Theureau :

« La descriptibilité et la réflexivité des activités pratiques […] échappent aux acteurs [elles sont prises pour allant de soi], mais sont actualisables en une description langagière adéquate par l'ethnométhodologue qui examine le comportement ici et maintenant de ces acteurs en tant que ce comportement manifeste cette descriptibilité et cette réflexivité » [30, p.110].

Les processus sociocognitifs impliqués dans cette relation de sens fonde ce que Garfinkel a nommé le *raisonnement sociologique pratique* [10 ; 11]. Si les membres d'une activité quotidienne socialement organisée s'intéressent à leurs actes passés (critique, rationalisation de la décision et de l'activité) ainsi qu'à leurs projet d'action (planification, prise de décision, organisation et adaptation des ressources, rationalisation des contraintes, etc.), Garfinkel suggéra que ceux-ci prennent pour *allant de soi* le cours d'action pratique. Au sens de Schutz : « l'allant-de-soi (das fraglos-gegeben) est toujours ce

---

[3] Concept dont différentes définitions ont été rappelées par Alain Giboin dans son article sur « La construction de référentiels communs dans le travail coopératif » [17, pp.119-128]. Personnellement, je suis attaché à la définition précise que Schutz a faite du *système de pertinence socialisé* [13 ; 25 ; 26].

niveau particulier de l'expérience pour lequel il paraît inutile d'approfondir son analyse […] La zone des choses prises pour allant de soi peut être définie comme le secteur du monde qui, en connexion avec ce qui est pris pour allant de soi, est, jusqu'à invalidation, pensé comme simplement donné et donné-tel-que-cela-m'apparaît » [26, p.124 ; 27, p.74]. Chacun des membres d'une activité est sensé être à même de comprendre son cours de réalisation et n'aborderait pas leur intercompréhension comme un objet de réflexion explicite ; les activités humaines sont si complexes que ce fonctionnement social tacite et routinier serait indispensable à une conduite normalisée et maîtrisée. Pour résumer, la coaction et l'expérience partagée des membres participent à la construction *d'un stock de connaissance de sens commun* dont les schèmes d'interprétation pertinents conditionneraient leurs catégorisations des phénomènes perçus [13].

En ergonomie cognitive, la question de la mise en œuvre d'une tâche prescrite par un acteur est centrale. En effet, la dichotomie entre travail prescrit et travail réel – entre tâche et activité – constitue un concept fondamental de l'ergonomie cognitive [7 ; 8]. La particularité ethnométhodologique découle d'une observation centrée sur les raisonnements et les motivations intrinsèques subjectives, manifestes via l'*intersubjectivité*, des membres d'une organisation : l'acteur social présuppose que l'activité en cours sera comprise comme lui-même la comprend, tout comme il présuppose que les Autres et ses Prédécesseurs ont expérimenté et interprété un monde similaire [25, p.208]. Ainsi, l'approche ethnométhodologique, *qui cherche à décrire les procédures sociocognitives de typification des membres*, permettrait de réduire la subjectivité autant du diagnostic de l'activité, que du processus de sélection et d'élaboration des données pertinentes.

Méthodologies

J'ai constaté que de nombreuses méthodes de recueil de données utilisées en ergonomie, inspirées de la psychologie expérimentale [6, pp.239-246], sont proches de celles reprises et/ou développées en ethnométhodologie. Je pourrais synthétiser cette méthodologie de recueil de données à travers la formulation proposée par Winkin : une *démarche ethnographique* [3 ; 30 ; 32]. Et pour citer l'exposé proposé dans *Ergonomie : concepts et méthodes* [23 ; voir aussi 6], l'entretien des acteurs, le recueil précis des postures, des directions du regard, de l'architecture des lieux et le relevé des déplacements sont les données caractéristiques d'une pratique localisée au sein d'un groupe social. L'observation et l'analyse descriptive de ce type de données sont des méthodes employées dans l'ensemble des sciences humaines qualitatives [20].

J'illustre, à l'aide d'un exemple tiré de mes recherches, comment peut être employée une ethnographie dans le contexte d'une analyse d'IHM.

- *Synopsis* : l'infographiste est en train de réaliser une jaquette de disque audio (CD) à l'aide d'un logiciel de publication assistée par ordinateur « Photox » en alternant majoritairement deux interfaces d'entrée : le clavier et la souris (complétées par un scanner et une palette graphique dans d'autres contextes). En vue « *d'éditer un texte à la verticale dont les lettres sont pivotées à 90° dans le sens des aiguilles d'une montre* », l'infographiste fait soit pivoter le tableau du document, soit il rédige le texte à l'horizontale et le fait ensuite pivoter (par une entrée clavier ou une utilisation de la souris).

- *Focus* : au moment de saisir le texte devant être intégré sur ce qui sera la tranche du boitier CD, l'infographiste hésite (il n'interagit plus avec les interfaces d'entrée, avorte trois actions, fait une recherche documentaire,…) puis il clique sur l'icône « Texte » de la boite à outils du logiciel afin de faire apparaitre les options et choisit le « vertical type tool » (***figure 1***) en verbalisant « quand même ! »

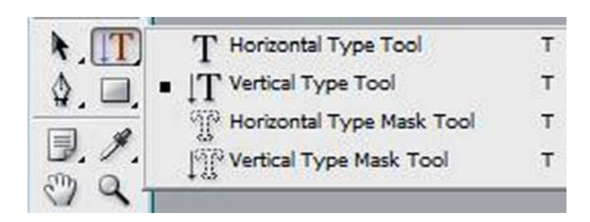


Figure 1 : Capture de la boite à outil de « Photox »

Il positionne le curseur et commence à saisir le texte avant de se rendre compte que le résultat n'est pas celui qui était escompté « ben ouais ! » (les lettres ne sont pas pivotées, mais s'affichent les unes en dessous des autres). Après un moment d'hésitation (annulation de l'action), il finit par utiliser cette fonction mais uniquement pour la tranche du boitier CD (il reprend sa routine pour les autres actions de ce type).

- *Analyse succincte* : (1) la procédure naturelle employée par l'infographiste n'a pas produit la réaction attendue. Les deux membres de l'activité (Photox et l'infographiste) n'ont pas indexé les données « perceptives » selon un système de pertinence commun, ce qui reflète une incompréhension. L'action instruite par l'infographiste pourrait être simulée par un nouvel outil d'édition (***figure 2***) répondant à son besoin :

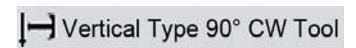


Figure 2 : Proposition d'un nouvel outil d'édition

(2) Différentes variantes peuvent être imaginées, et la suite de l'ethnographie permet de discerner une seconde instruction d'action : l'infographiste a argumenté son choix de garder cette forme d'édition pour la tranche en explicitant le fait qu'aucune jaquette de

CD ne la proposait à sa connaissance, et que cela pouvait permettre de repérer les sens de lecture et d'ouverture du boitier CD s'il était rangé dans un meuble.

L'« étude des verbalisations (ou des protocoles verbaux) », ou plus généralement des communications interpersonnelles et médiatées, prend la forme répandue de l'« analyse de conversation » en ethnométhodologie [3 ; 11 ; 24 ; 30]. Cette spécialisation (*cf. supra*), s'attache à comprendre comment les membres d'une conversation manifestent leur compréhension de son sens et rendent observable cette compréhension. Ces pratiques d'« accentuation du sens » (*glossing practices*) seraient observables et descriptibles (i.e. *accountable*) à travers l'une des activités caractéristiques de l'humain : l'activité langagière, et quelle que soit la forme adoptée. C'est dans un article fondamental que Garfinkel et Sacks ont précisé l'intérêt que l'ethnométhodologie lui porte ; ils définissent ainsi le membre d'une activité quotidienne socialement organisée par « *une maîtrise du langage naturel* ». Cette faculté de compréhension et de manifestation d'un sens au cours d'une situation sociale donnée définit le statut de membre [11]. Je tiens à rappeler que j'aborde l'analyse de conversation en ethnométhodologie comme une méthode et non en tant que discipline à part entière. La structure des communications se trouve ainsi plus traitée de manière qualitative que quantitative ; toujours abordée selon un modèle orchestral, l'étude est néanmoins centrée sur l'analyse des processus sociocognitifs qui permettent aux membres de conduire la communication et de rendre observable cette conduite. La justification de cet intérêt se fonde dans le caractère coutumier des pratiques langagières et de la routinisation de leur accomplissement.

L'ethnométhodologue, en étudiant les propriétés indexicales et réflexives de ces pratiques communicationnelles (autant interpersonnelles que homme–machine), pourrait accéder à ces mécanismes de routinisation et par là même mieux comprendre l'activité. L'importance de ces pratiques langagières a conduit Garfinkel et Sacks à les définir comme la base de l'interaction sociale. Celles-ci formeraient un ensemble contingent, unique et situé : un *travail* [11, p.60].

Exemple de transcription en analyse de conversation :

L1/E→H(S) : Parce qui faut, non, dès l'instant que tu fais ton
L2/H→E(S) : = EN fait dès l'instant où je fais ça
[((H exécute la mélodie H2))]
L3/E→H(S) : [OUais il faut que j'compte à] partir de là
L4/H→E(S) : VOIlà, à partir de LA↑ (.)

Cette séquence extraite d'une activité de conception musicale d'un trio (H, S, E) présente le type de notation employée en analyse de conversation (chevauchement, délai entre les tours de parole, éléments de prosodie) [14 ; 24]. Cette transcription montre l'intérêt de contextualiser les échanges, les déictiques dénotent (pointent) des éléments du contexte indispensables à l'intercompréhension des acteurs (« ça, « là », « je », « tu »).

L'ethnométhodologue cherche à discerner les expressions indexicales des expressions objectives dans le but de définir comment le cours de l'action et le contexte participent à la maitrise de la situation [11 ; 14 ; 24]. Il étudie, tout comme en sociolinguistique, les marqueurs d'embrayage, d'allocution, la prise et les tours de parole. L'hypothèse est que l'organisation des conversations, sous l'attitude naturelle, serait la manifestation réflexive de l'organisation sociale du groupe. L'analyse se complexifie grandement à partir de trois acteurs [14], elle perd son potentiel de généralisation mais reste néanmoins pertinente vis-à-vis du groupe étudié.

LA FONCTIONNALITE DU « POINT DE VUE » ETHNOMETHODOLOGIQUE DANS L'ETUDE DES ACTIVITES COLLECTIVES.

La limite fonctionnelle

Paradoxalement, certains ethnométhodologues revendiquent leur radicalité et leur volonté de non induction [9 ; 19] et les études ethnométhodologiques ont permis d'accéder à un savoir utile à la computation du fait de son intérêt pour l'étude de « logiques locales » de microgroupes humains [19] (à travers la modélisation des échanges dialogiques, la modélisation de régulations contextuelles et de l'émergence de normes). Cette radicalité provient d'un principe présenté par Garfinkel et Sacks sous le nom d'*indifférence ethnométhodologique*. C'est une posture d'observation dans laquelle le chercheur ne doit ni présumer, ni anticiper, ni juger le raisonnement des acteurs. Si les propriétés des structures de l'action qu'il observe paraissent exposer une forme de typicalité, *il doit impérativement prendre conscience que ces propriétés sont une construction issue d'un accomplissement situé* [11, p.64]. Les travaux de Crozier [5], à la suite de Simon [28], ont démontré que les acteurs sociaux sont soumis à une rationalité limitée qui simplifie la prise de décision, et l'analyse ethnométhodologique d'une activité a justement pour projet de décrire cette dernière. Cette connaissance serait une ressource pour influer sur le système, et ce de manière d'autant plus efficiente que la rationalisation est juste et objectivée par des accomplissements pratiques définis dans l'espace et le temps.

Il est logique que les ethnométhodologues n'aient pas recours à la généralisation théorisante puisque cette approximation exclue le paramètre essentiel pour ces derniers : l'unicité de l'activité analysée, le fait que la variation des conditions de la situation impliquerait la construction d'une organisation unique et informelle *ipso facto* qui implique un *travail* original et contingent ; et l'étude de cette « variabilité » des représentations situées permettrait de formaliser les structures sociales sous-

jacentes d'un groupe : des « modèles » d'activité endogènes. C'est pourquoi l'étude ethnométhodologique a ses limites [30, pp.107-116] et ne peut être la seule ressource d'une « science » ou connaissance globale de l'activité humaine [1 ; 8].

Ethnométhodologie et « sciences du Design »

Voici comment je pourrais synthétiser l'objectif d'une étude ethnométhodologique : la construction d'instructions d'action, comme l'action de communiquer des connaissances sur un ensemble de pratiques quotidiennes socialement organisées et situées. Ces instructions renseignent sur les modalités des fonctionnements implicites d'un groupe social. Cette connaissance des structures sociales sous-jacentes du groupe serait une ressource essentielle à la compréhension pertinente d'une activité [12]. Les instructions d'action, selon la rationalité ethnométhodologique, seraient elles-mêmes soumises à interprétation lors de leur acquisition et lors de leur exploitation. Cette *prescription radicale* reste plus à mes yeux une « précaution méthodologique » ; c'est-à-dire que tout individu qui met en œuvre et/ou exploite un ensemble de connaissances (modèle, compte rendu de recherche, résultats, etc.) doit être conscient que son propre *raisonnement sociologique pratique* influence la gestion de son *activité*. Cette conscience réflexive lui permettrait alors d'optimiser au mieux son action dans l'activité du groupe sujet de son intervention.

Le rapprochement entre ethnométhodologie et « *sciences du Design* » [28] apparait en filigrane dans les textes fondateurs, néanmoins c'est ici que la contribution de cette sociologie de l'action a son plus grand potentiel [4]. Le Design – étymologiquement le fait de désigner, de représenter : *designare* en latin – peut dénoter l'objet, mais aussi le verbe qui définit, selon Visser, Darses et Détienne, une pratique sociocognitive [17, p.110] : l'action de concevoir. La contribution ethnométhodologique aux sciences du Design ne concerne pas l'objet (les spécifications, normes et procédés) mais l'action de conception. Son emploi serait particulièrement approprié au Design participatif et l'évaluation des interfaces, l'effectivité de ces deux processus étant soumise à des phénomènes interactionnels [3 ; 4]. Optimiser l'effectivité d'une conception, dont l'ingénierie sociotechnique ne peut se fonder sur des solutions préexistantes, pose plusieurs problèmes. Les trois principaux synthétisés par Sommerville et Sawyer peuvent être reformulés ainsi : (1) les designers doivent surpasser le consensus établi, (2) leurs représentations, ressources et contraintes sont différentes de celles de l'utilisateur final, (3) attendu de la diversité des enjeux (des commanditaires, des concepteurs, des utilisateurs), un certain compromis devra être atteint pour que la conception fasse consensus [3, p.4].

L'EC et l'EO ont valorisé l'intérêt des modèles descriptifs en complément de modèles prescriptifs [17] ; couplé aux pratiques ethnométhodologiques, le corpus des sciences du Design pourrait être augmenté par la formalisation de représentations instructives comme ressource pour le processus de conception. Cette forme d'approche compréhensive peut servir les concepteurs de différentes manières : par une participation active d'un ethnométhodologue chargé d'expliciter les référentiels et les assomptions des différents groupes impliqués dans le processus (administration, concepteurs, utilisateurs), par la spécification de procédures utilisateurs utiles à la formulation de problématiques (au cours des phases de conception participative ou dans l'évaluation de dispositifs dans des situations pratiques de la vie quotidienne), par une analyse de la base matérielle (rapports, résultats d'études antécédentes, procédures de travail) [3 ; 4 ; 12 ; 14].

Plus un apport épistémique qu'une union théorique

Je conclus en rappelant l'étymologie du terme « théorie ». Il provient du verbe grec « contempler » (*theorô*). Cette *contemplation intellectuelle* est variable selon le point de vue et la posture de celui qui l'accomplie. Cette « façon de voir » ne permet pas d'aborder une activité humaine dans son ensemble mais d'accéder à des paramètres imperceptibles autrement. Si l'analyse traditionnelle de l'activité – des ressources, de la tâche, des performances, des relations avec l'environnement, des communications institutionnelles et des flux d'informations, et des règles formelles [5 ; 6 ; 20 ; 23] – restent des éléments essentiels, la posture ethnométhodologique met en exergue d'autres caractéristiques sous-jacentes : les modalités avec lesquelles les membres de l'organisation manifestent, interprètent et rendent observable et descriptible à leurs *alter ego*, leur appréhension de ces paramètres. Ainsi, l'ethnométhodologie formerait plus un apport épistémique qu'une théorie, elle fonde une gamme de concepts particulièrement utiles à la compréhension des activités collectives organisées et par suite, représente une ressource pertinente pour l'EC et l'EO.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier Imad Saleh, directeur du Laboratoire Paragraphe, et Pierre Quettier, responsable du GREC, de leur soutien et de leur motivation pour les approches interdisciplinaires sans lesquels je n'aurais pas pu faire aboutir mes recherches.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cazamian, P., Hubault, F., & Noulin, M. (Dir.). *Traité d'ergonomie*. Octarès Editions, Toulouse, 1996.
2. Conein, B. Pourquoi l'ethnométhodologie est-elle attractive? La circulation des idées dans les communautés épistémiques. Acte du colloque *Rapports ambivalents entre les sciences sociales européennes et américaines*, ESSE, Liège, 2006. Consulté en février 2007 sur http://www.espacesse.org/.
3. Crabtree A. *Designing Collaborative Systems. A Practical Guide to Ethnography*. Springer, Londres, 2003.

4. Crabtree A. Taking Technomethodology Seriously: Hybrid Change in the Ethnomethodology–Design Relationship. In *European Journal of Information Systems*, Vol. 13, No. 3, 2004, pp. 195-209.

5. Crozier, M., & Friedberg, E. *L'acteur et le système*. Seuil, Paris, 1977.

6. Darses, F., Hoc, J.M., & Chauvin, C. Cadres théoriques et méthodes de production de connaissances en psychologie ergonomique. In Hoc. J.M. & Darses F. (Eds.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, PUF, Paris, 2004, pp.221-251.

7. Darses, F., & Montmollin, M. de. *L'ergonomie*. Editions La Découverte, Paris, 2006.

8. Falzon, P. Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie. In P. Falzon (Dir.), *Ergonomie*, PUF, Paris, 2004, pp.17-36.

9. Fornel, M. de, Ogien, A., & Quéré, L. (Dir.). *L'ethnométhodologie : une sociologie radicale*. La Découverte, Paris, 2001.

10. Garfinkel, H. *Studies in Ethnomethodology* (1967). Polity Press, Cambridge, UK, 1984.

11. Garfinkel, H. & Sacks, H. On Formal Structures of Practical Actions (1970). In J. Coulter (Ed.), *Ethnomethodological Sociology*. Edward Elgar Publishing Ltd, UK, Aldershot, 1990, pp. 55-84.

12. Garfinkel, H. *Le programme de l'ethnométhodologie*. In M. de Fornel, A. Ogien, L. Quéré (Dir.), L'ethnométhodologie : une sociologie radicale. La Découverte, Paris, 2001, pp.31-56.

13. Hachour, H. Le sens comme construction sociale. Communication au colloque *La pluralité interprétative 2*, sous la direction de J.P. Esquenazi, Elyco-Université Lyon 3, 7-8 février 2008.

14. Hachour, H. Approche ethnométhodologique de l'activité de conception musicale d'un trio d'autodidactes. In *Cahiers d'Ethnométhodologie*, No. 2, Lema, 2008, pp.49-62, et Colloque EPIQUE 2007, GRAPE-SFP, IRCCyN, Nantes.

15. Heritage, J.C. L'ethnométhodologie : une approche procédurale de l'action et de la communication (1987). In *Réseaux*, Vol. 9, No. 50, 1991, pp.89-130.

16. Hill R.J., & Stones Crittenden K. (Eds.) et *al*. *Proceeding on the Perdue Symposium on Ethnomethodology*, Perdue Research Foundation, Perdue University, 1968.

17. Hoc J.M., & Darses, F. *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. PUF, Paris, 2004.

18. Lapassade G., & Lourau, R. *Clefs pour la sociologie*. Editions Seghers, Paris, 1971.

19. Lecerf, Y. (Dir.). *Pratiques de formation n°11-12 (analyses): Ethnométhodologies*. Université Paris 8, Saint Denis, 1985.

20. Miles, M., & Hubernan, M. *Analyse des données qualitatives* (1994). Editions De Boeck Université, Bruxelles, 2003.

21. Mucchielli, A. *Etude des communications : approches par contextualisation*. Armand Colin, Paris, 2005.

22. Parsons, T. *The Structure of Social Action*. The Free Press, New York, 1939.

23. Rabardel, P., & *al*. *Ergonomie : concepts et méthodes* (1998), Editions Octarès, Toulouse, 2002.

24. Schegloff, E. Conversation Analysis and Socially Shared Cognition. In L. Resnisck, J. Levine, & S. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition,* APA, Washington D.C., 1991, pp.150-171.

25. Schutz, A. *Collected Papers I : the Problem of Social Reality*. Martinus Nijhoff, La Haye, 1962.

26. Schutz, A. *Collected Papers II: Studies in Social Theory*. Martinus Nijhoff, La Haye, 1964.

27. Schutz, A. *The Phenomenology of the Social World* (1932). Heinemann Educational Books, UK, London, 1976.

28. Simon, H. *The Sciences of the Artificial* (1969). MIT Press, MA, Cambridge, 1996.

29. Terssac G., Friedberg E. (Eds.), *Coopération et conception*, Paris, Octarès Editions.

30. Theureau, J. *Le cours d'action, méthode développée*. Octarès Editions, Toulouse, 2006.

31. Weber, M. *Economie et société Tome I* (1921). Plon, Paris, 1971.

32. Winkin, Y. *Anthropologie de la communication: de la théorie au terrain*. Edition De Boeck et Larcier S.A. et Seuil, Paris, 2001.

Sur les sémiotiques des systèmes

Galarreta Daniel

Centre National d'Etudes Spatiales,
18, avenue Edouard Belin, 31401. Toulouse, Cedex 9
daniel.galarreta@cnes.fr

RESUME
Cet article analyse l'intérêt de recourir à une théorie sémiotique pour mieux appréhender les problèmes que posent la description des systèmes dans la mesure où on les considère comme complexes. Il examine quelques unes des propositions théoriques sur le sujet et fait à son tour la proposition d'une théorie sémiotique multi-points de vue.

MOTS CLES : Sémiotiques, conception de systèmes, points de vues

ABSTRACT
This paper analyse the interest to use a semiotic theory in order to better understanding of issues associated to description of systems as far as one considers them as complex. It examines a few theoretical proposals about systems and in turn offers a multi-viewpoints semiotics.

KEYWORDS : semiotics theories, design of systems, viewpoints.

INTRODUCTION
Les principales normes, rappelait D. Luzeau [1], depuis la MIL-STD-499B jusqu'à plus récemment ISO 9000: 2000 puis ISO/IEC 15288, dernière norme datant de 2002, en passant par EIA/IS-632, ISO-12207, SE-CMM) définissent un système comme : *un ensemble intégré d'éléments – personnels, produits, processus –, connectés et reliés entre eux, en vue de satisfaire un ou plusieurs objectifs définis*.

Cette hétérogénéité constitutive d'un système a pour conséquence de rendre difficile sinon impossible sa description selon un modèle unique. L'hétérogénéité devient alors descriptive : plusieurs points de vue sont possibles sur le système. Il n'est plus possible de garantir qu'on sera en mesure d'atteindre à une exhaustivité des descriptions du système, de ses états et de ses comportements. Cette situation n'est pas exceptionnelle lorsqu'on considère des systèmes –au sens précédent – réalisés.

Ce constat amène alors à se poser la question de la délimitation des frontières du système : ne peut-on, à condition de les cerner avec suffisamment de précisions, échapper à cette limitation ? En effet n'est-ce pas une spécification insuffisante du *personnel* concerné par le système, des *produits* qui le composent, et des *processus* qui s'y manifestent, qui en serait la cause ? A trop élargir le champ d'observation ne rend-t-on pas complexe ce qui ne l'est pas au départ.

Nous pensons que non. Ceci ne veut pas dire que nous soyons condamnés à l'impuissance, mais plutôt que nous sommes contraints à assumer en conscience cette limitation.

En particulier, prendre en compte le facteur humain dans la définition d'un système, quel qu'il soit, c'est précisément reconnaître et assumer une hétérogénéité descriptive du système incontournable, et cela, du fait de l'origine et des destinations humaines du système.

Jean-Louis Le Moigne, a définit [n] un *système complexe* comme « un système que l'on tient pour irréductible à un modèle fini, aussi compliqué, stochastique, sophistiqué que soit ce modèle, quelque soit la taille de ses composants, l'intensité de leurs interactions »

La position que nous exprimions sur la prise en compte du facteur humain, peut alors se reformuler ainsi : la prise en compte explicite du facteur humain dans la définition d'un système quel qu'il, est (une justification) suffisante pour le considérer comme un système complexe.

Cette position paraîtra peut-être excessive, mais celle que nous allons tenter de justifier *a posteriori* en adoptant une vision sémiotique du système.

Pour finir sur ces considérations, on peut remarquer que L'AFIS reprenant dans son glossaire de base [2] de manière quasiment identique la définition précédente précise dans une première note à cette définition « *qu'un système peut être considéré comme un produit ou les services qu'il délivre* ». Ce qui correspond à l'acception non « complexe » du terme 'système'.

Mais dans une deuxième note, elle rappelle « *que l'interprétation du sens est souvent clarifiée par utilisation associé d'un nom (par exemple le 'système avion'. Le mot 'système' peut être remplacé par un synonyme dépendant du contexte (par exemple 'avion'). Cette pra-*

tique peut cependant éclipser la perspective des principes de la notion de système ». Ce qui correspond alors selon nous, à l'acception « complexe » du terme 'système'.

POURQUOI ENVISAGER DES APPROCHES SEMIOTIQUES DES SYSTEMES ?

Cette situation d'hétérogénéité des descriptions d'un système (au sens précédent) et cette impossibilité à atteindre à une exhaustivité des descriptions du système réalisé, de ses états et de ses comportements permettent de comprendre qu'il n'est pas possible de traiter les modèles et les métaphores utilisés pour décrire le système comme des éléments transparents vis-à-vis de la réalité qu'on cherche à appréhender. Il s'agit d'expliciter « ce qu'on fait quand on essaye de comprendre, concevoir, changer d'organisations en terme d'utilisation par exemple de modèles, et de métaphores ». Il s'agit « d'éviter aux gens d'être piégés (inconsciemment) par l'utilisation d'une métaphore ou d'un type de modèle spécifique et de rendre visible l'espace de conception »[1]. L'intelligibilité du système repose sur une activité de modélisation, mais à la différence de « systèmes » compliqués –mais non complexes– cette activité ne permet pas de dissocier le modélisateur de la modélisation (voir JL Le Moigne [3]). Dans ce sens plutôt que de parler d'activité de modélisation convient-il de parler d'interactivité de modélisation. L'idéal de modélisation n'est plus l'objectivité, mais la « projectivité » : capacité du modélisateur à expliciter les projets de modélisation qu'il propose au système complexe.

Ce qui précède permet d'affirmer qu'ainsi posée, la question de la possibilité de décrire un système, ses états et ses comportements, relève d'une théorie sémiotique générale au moins pour deux raisons qui peuvent de être considérées séparément :

Soit parce que mettant l'accent sur la signification, une théorie sémiotique peut se définir comme une théorie dont « le souci premier est d'expliciter, sous forme d'une construction conceptuelle, les conditions de la saisie et de la production du sens ».

Soit parce que mettant l'accent sur la dimension référentielle qui s'attache aux modèles et plus généralement aux signes la théorie sémiotique se définit comme une théorie des signes entendus comme « quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque que titre »

Dans tous les cas cette présence du modélisateur dans la conception du système complexe permet de rapprocher toute théorie des systèmes complexes des questions qui se posent aux sciences de la culture dans lesquelles on rangera les sciences humaines et sociales[2]. Il apparaît en effet que « même promus au rang d'observables les faits humains et sociaux restent le produits de constructions interprétatives […] pour connaître l'humain par l'homme [les sciences de la culture] doivent connaître la part qu'il prend dans cette connaissance, non seulement comme destinataire critique des « résultats », mais comme acteur doué d'affects et de responsabilité » [6]

Autant vis-à-vis de toute théorie des systèmes complexes que vis-à-vis des sciences de la culture, une théorie sémiotique générale fournit-elle un cadre épistémologique : « La place du monde sémiotique, en positions médiatrice chez l'homme, entre le monde physique et le monde des (re)présentations, détermine la fonction épistémologique de la sémiotique elle-même ».[5]

Pour quelle théorie sémiotique faut-il opter ?

Peter Bogh Andersen [7] reprenant pour les systèmes d'information des propositions de Bannon [8] proposait les critères suivants :

- Une telle théorie doit être applicable au langage et pas seulement à des exemples artificiels ; elle doit respecter l'usage (linguistique) comme base d'analyse, parce qu'on vise ici à construire des systèmes qui fonctionnent dans un environnement réel

- Cette théorie doit considérer le langage comme un phénomène social utilisé pour la communication et la coordination d'activités et non comme un phénomène relevant que de la seule pensée individuelle, pour la raison que le travail (au sens général) est essentiellement social et qu'il implique de la coopération et de la communication.

- Cette théorie doit être fondée rigoureusement, parce qu'autrement le processus de recherche est exposé à une dégénérescence rapide.

- Enfin cette théorie doit fournir une compréhension satisfaisante de l'utilisation créative des signes dont une part de cette utilisation doit pouvoir se formaliser puisqu'en effet la conception d'un système est un processus créatif et qu'un usage créatif des éléments (signes) s'attachant à un système implique une formalisation.

Il ne faut pas dissimuler que ces critères traduisent déjà des choix[3]. Rien d'étonnant à cela, puisque si les faits

[1] Cette recommandation est correspond à ce à quoi la sémiotique organisationnelle doit répondre et a été proposée par H Gazendam in [4]

[2] « Pour dépasser la fausse distinction entre les « sciences humaines » et les « sciences sociales » (vestige sans doute de combats surannés entre l'humanisme et le marxisme) » [5]

[3] Ainsi P. B. Andersen dans sa démarche sémiotique [7] va se servir de ces critères pour écarter différents paradigmes linguistiques tels que le paradigme génératif dû a N. Chomsky et le paradigme logique qui, à la suite de

culturels « restent le produits de constructions interprétatives » (cf. supra), il en va de même pour toute méthodologie voire épistémologie qui ambitionnent de rationaliser ces constructions. Cela explique la difficulté à donner une vue d'ensemble de toutes les théories qui se définissent comme des sémiotiques[4]. Nous n'avons pas ici un tel projet. Au mieux nous proposons-nous dans ce qui suit quelques confrontations partielles entre différentes approches se revendiquant d'une démarche sémiotique. Le critère d'élection étant le rapport que ces approches ont avec la conception des systèmes.

Commençons par citer la sémiotique organisationnelle[5]. Son apparition est relativement récente puisque qu'elle peut être associée celle de l'ouvrage de Ronald Stamper « Information » en 1973 [9]. Cette approche a pour objectif de comprendre les organisations en prenant appui sur l'utilisation qu'elles font des signes, des textes, des documents, des artefacts fondés sur des signes et de la communication.

En 1990 indépendamment des travaux de R. Stamper apparu la sémiotique informatique[6] (in [10]) (computer semiotics) cette approche due à Peter Bogh Andersen [ref] qu'il définit comme une discipline qui analyse les systèmes informatiques et leur contexte d'utilisation dans une perspective spécifique à savoir comme des signes que les utilisateurs interprètent pour signifier quelque chose.

Selon H. Gazendam[7] trois grandes approches peuvent être discernées au sein de la sémiotique organisationnelle : (I) les approches conduites par le système (system-oriented approaches), (II) les approches conduites par le comportement (behaviour-oriented approaches), et (III) les approches conduites par la connaissance. Toujours selon H. Gazendam, ces trois approches correspondent partiellement aux distinctions proposées par Andersen ([ref de 91] entre des signes comme *systèmes*, une vue psychologique des signes comme *connaissances*, une vue sociologique des signes comme *comportements*, et une vue esthétique des signes comme *artefacts*.

Signalons que toujours selon H. Gazendam, la « sémiotique organisationnelle » de Ronald Stamper, son fondateur, s'inscrit dans le courant des approches conduites par le comportement. Ce courant se subdivise lui-même en deux tendances, celle fondée sur les « champs d'information » et celle fondée sur les « structures d'interaction », R. Stamper se rattachant au final, à la première de ces deux tendances. L'approche que nous développons nous-même, a été classée par H. Gazendam dans le courant des approches conduites par la connaissance. Nous allons en donner plus bas un aperçu.

Ces indications confirment, même en se limitant aux approches sémiotiques qui se rapportent explicitement à la conception de systèmes, la difficulté qu'il y a à en donner une description d'ensemble homogène. L'inventaire des différentes formes que ces approches peuvent revêtir est tout aussi difficile.

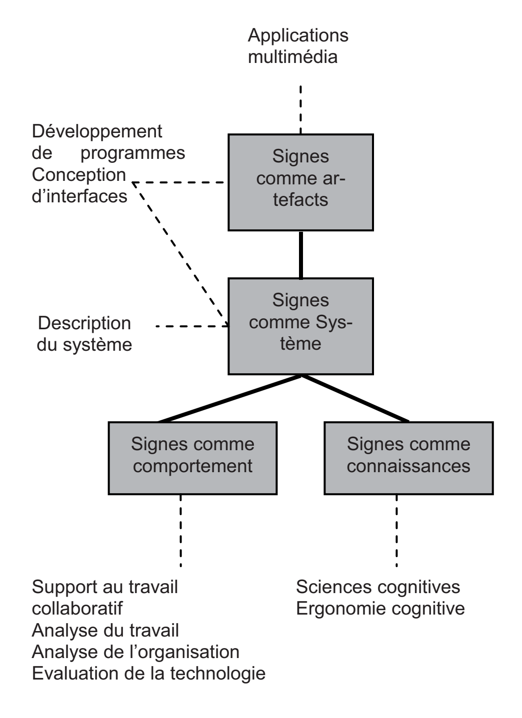


Figure 1 : Carte de la sémiotique informatique selon P.B. Andersen [7]

Nous allons néanmoins dans ce qui suit examiner, en relation avec la question de la conception des systèmes, la possibilité d'une approche sémiotique qui se réfère au courant sémiotique structuraliste européen. Plus exactement, c'est à une conception saussurienne de la langue que nous nous référerons et encore plus précisément, pour autant qu'on veuille y voir une poursuite de la conception précédente, à une conception hjelmslevienne. Cette conception s'est élaborée progressivement depuis

Frege, Carnap et plus récemment Montague, propose une traduction logique du langage, Le dernier paradigme, celui du structuralisme européen qui analyse le langage dans son rapport à la signification, il est retenu en parti et adapté par l'auteur.

[4] « Sil l'on réunissait aujourd'hui les meilleurs spécialistes de toutes les « sémiotiques » et si on les sommait a/ de définir leur disciplines et b/ de marquer quel en est le commencement, il faudrait de longs mois de cacophonies et de négociation avant d'aboutir à de bien décevant petits communs dénominateurs » rappelait Anne Hénault [9]

[5] Nous nous appuyons sur la synthèse qu'en a proposée Henk W. M. Gazendam dans [4]

[6] J. Euzenat, dans un compte-rendu [11] proposait « sémioloh=gie informatique » pour « Computer Semiotics »

[7] [4] op. cit.

plusieurs années à partir d'observations menées sur le développement des systèmes spatiaux.

MOTIVATIONS D'UNE APPROCHE SEMIOTIQUE GUIDEE PAR LA LANGUE, DE LA CONCEPTION DES SYSTEMES

La situation que nous caractérisions plus haut par l'existence des descriptions hétérogène d'un même système et la difficulté voire l'impossibilité d'atteindre à une exhaustivité des descriptions possible du système, de ses états et de ses comportements conduisent à se demander respectivement à quelles conditions ces différentes descriptions sont (a) compatibles entre elles et (b) permettent une couverture suffisante du système, de ses états et de ses comportements.

Même lorsqu'on se place dans une situation de conception, – le système n'a alors qu'une existence virtuelle –, l'examen des conditions précédentes demeure. Lorsque qu'on considère un système réalisé placé dans un environnement ouvert, il n'est jamais impossible qu'une nouvelle description du système s'invite, et qu'il soit nécessaire de ce fait d'élargir la définition du système pour maintenir son identité. (On trouvera un développement de cette question dans [12])

L'examen des conditions (a) et (b) nécessite d'aborder des questions se rapportant au langage et à la relation du langage au monde qu'il contribue à faire émerger. Parce qu'il est question de considérer des descriptions qu'il n'est pas possible de confondre au sein d'une description unique, il est nécessaire d'aborder le terme 'langage' en sa plus large extension, à savoir comme système de signes, ou plus exactement comme système sémiotique et d'examiner les conditions de production et de saisie d'une signification.

La fréquentation des projets de réalisation de systèmes complexes comme les systèmes spatiaux atteste à l'évidence de la coexistence de langues de spécialités partiellement étanches les unes aux autres et plus généralement de langages spécifiques suivant le découpage des "métiers" en présence (voir [12]).

Ces "métiers" se confrontent autour de la définition —spécification, conception ou réalisation— d'objets techniques dont il faut à chaque fois reconnaître qu'ils ne sont pas donnés *a priori* mais au contraire progressivement construits au travers de négociations du sens qu'ils doivent avoir. Autrement dit ces objets sont —au moins avant leur réalisation, mais également après— des objets sémiotiques, appartenant à différents ensembles signifiants susceptibles d'être appréhendés, informés et articulés par une théorie sémiotique[8]. Ce sont des *signes* pour les différents langages au sein desquels ils sont manifestés.

La négociation du sens qui a lieu au moment de la définition d'un objet de ce type est l'œuvre d'individus engageant leur responsabilité et non le produit préexistant de ces langages —qui le contiendraient virtuellement. En même temps ces individus intériorisent des langages qu'ils n'ont pas construits et dont ils sont tenus de suivre les règles.

Pour rendre compte de cette situation on est conduit alors à recourir aux concepts de *langue* et de *parole* (Saussure) ou aux concepts *langue* et de *mise en discours* de la langue (Benveniste). Mais à son tour cette *mise en discours* ou *énonciation*, peut et doit être pensée en relation avec une compétence sémiotique du sujet qui l'exerce.

Avant d'aller plus loin dans cette approche linguistique, il convient d'entendre les critiques qui ont été adressées à la vision saussurienne du langage par des partisans d'une approche sémiotique des systèmes.

Bernard Morand qui s'intéresse à la sémiotique peircienne dans la pratique de la conception remarquait (in [14]) : « Il est tentant d'étudier les phénomènes de conception et d'information en les plaçant dans le cadre des théories linguistiques. C'est cependant une stratégie à laquelle nous répugnons pour une raison simple. Si le système de la langue est très probablement le système de signes le plus achevé dans lequel l'esprit se trouve immergé, l'élaboration de ses aboutissants n'en fournit pas pour autant ses tenants. Par sa définition même, le symbolique – et assurément le système de la langue est un système symbolique – est construit de manière a fonctionner sans voir le soin de recourir à sa propre histoire. Il est même calculé dans l'objectif de cette dispense. Or la conception, ou la manière dont se forment des signes dans la vie sociale, éventuellement pour des raisons et des besoins particuliers, ne peut faire l'économie de l'histoire de sa propre institutionnalisation : on n'y étudie pas un système de résultats mais un système de processus, on n'y étudie pas ce qui est mais ce qui devrait advenir et comment ».

Il est possible et certainement nécessaire, si on veut bien entendre cette critique d'une vision synchronique de la langue, eu égard à la question particulière de la conception, de proposer une approche linguistique qui soit capable de rendre compte d'un processus de conception. Cette approche, généralisée à la langue devrait rendre compte des évolutions du système de la langue. Il faut noter en passant, que si vers la fin du 19ième siècle la linguistique a enregistré de notables succès dans le domaine de la linguistique diachronique cela a concerné la comparaison des familles linguistiques[9], notamment des langues originelles. Mais les mécanismes d'évolution des systèmes linguistiques ont été ignorés et le restent encore aujourd'hui dans une large mesure.

---

8 Voir Article "Sémiotique" A et B. p. 339 et 341 in [13].

9 VoirL. Hjelmslev in [15].

L'approche que nous proposons rend compte du processus de conception réclamé par B. Morand (sans répondre en l'état à la question de l'évolution des systèmes linguistiques)

Ronald Stamper adresse en substance la même critique à la conception saussurienne. Considérant la triade Agent (A), Enoncé (E), Significatum i.e. ce qui est signifié (S), il décline trois conceptions sur la formation du sens[10]. Dans la première conception qu'il nomme *objectiviste* : A = un observateur qui peut « voir » la relation objective entre E et S = un objet dans le monde indépendant de l'observateur.
Dans le deuxième conception qu'il nomme *constructiviste* A = communauté qui peut établir et altérer la relation entre E et S = une construction opérationnelle dont les limites sont établies par négociation.
Dans la troisième conception qu'il nomme *mentaliste* A = personne qui possède à la fois E et S et forme sa propre relation entre eux. S = construction mentale/concept.

« Chaque principe sémantique a une gamme de problèmes pour laquelle il est approprié. Le principe (1) [objectiviste] convient à la simple administration de routine, (2) [constructiviste] convient aux problèmes où les conflits et les négociations sont endémiques et (3) [mentaliste] peut être utilisé pour une communication dans un sens unique de rapports dont *le contenu et la validité ne sont pas ouvert à une remise en question*[11]. »

ESQUISSE D'UNE SEMIOTIQUE MULTI-POINTS DE VUE

Dans ce qui suit nous allons donner quelques éléments d'une théorie sémiotique multi-points de vue dont on trouvera dans des articles antérieurs, des élaborations successives (voir par exemple TIA et ICOS). Le développement détaillé de cette approche sort du cadre de cet article.

De manière vague pour l'instant nous désignons par ***point de vue***, la manière propre à un individu ou à un groupe d'individus (points de vue, respectivement individuel et collectif) de former une signification.

Précisons que cette formation concerne le plan du contenu. ***Contenu*** s'oppose ici à ***expression***. Cette distinction quoique que simple à saisir et importante pour toute sémiotique linguistique. Donnons un exemple : l'expression 'dog' (en anglais), l'expression 'perro' (en espagnol) ou l'expression 'chien' (en français) ont toutes trois pour contenu, *chien*. Le contenu d'une expression correspond au ***signifié***. L'expression d'un contenu correspond au ***signifiant***.

[10] Voir R. Stamper [16]

[11] C'est nous qui soulignons.

« Les termes mêmes de *plan de l'expression* et de plan du contenu et de façon plus générale, d'expression et de contenu ont été choisi d'après l'usage courant et sont tout à fait arbitraire. De par leur définition fonctionnelle il est impossible de soutenir qu'il soit légitime d'appeler l'une de ces grandeurs expression et l'autre contenu et non l'inverse. Elle sont définies comme solidaire l'une de l'autre et ni l'une ni l'autre ne peuvent l'être plus précisément. Prises séparément, ne on peut les définir que par opposition et de façon relative, comme [termes aboutissants] d'une même fonction qui s'opposent l'un à l'autre » in p. 79 (in [17])

Ce mécanisme de formation d'une signification dans le plan du contenu a été analysé par Hjelmslev de manière détaillée dans l'article la stratification du langage (in [18]). D'après la citation précédente, ce mécanisme de formation se transpose dans le plan de l'expression. Le point important ici, c'est que pour que ce point de vue puisse s'exercer, c'est-à-dire pour qu'une signification puisse se former, il faut que ce point de vue puisse se confronter à un autre point de vue. Cette confrontation est couramment appelée ***sémiosis*** ou ***fonction sémiotique***.

La confrontation est toujours interprétée du point de vue de l'analyse sémiotique en cours. De manière encore plus générale est alors amené à expliciter sous forme d'une construction conceptuelle, les conditions de la saisie et de la production du sens de « mises en présence de points de vue ». C'est cette construction qu'on nomme ***sémiotique multi-points de vue***.

Eléments d'un langage de description multi-points de vue

- Une ***vue*** (selon un point de vue) est identifiée à la signification produite par le point de vue.

La ***confrontation entre deux points de vue*** va se faire lorsque des unités d'un plan sont analysées relativement à des unités de l'autre plan. Si chacun de ces plans a dans le cadre d'une langue son fonctionnement propre, les unités d'un plan ne sont accessibles que du fait de l'existence d'unités de l'autre plan (et réciproquement)

- On envisage d'abord le cas où l'activité d'un ***point de vue*** met entre parenthèses l'activité d'autres points de vue. Une vue produite dans ces conditions sera appelée une ***donnée***. La formation d'une signification peut alors s'assimiler à une activité de modélisation, l'objet qui y est référencé est dit ***virtuel*** et la ***donnée*** correspond à une de ses descriptions —éventuellement partielle.

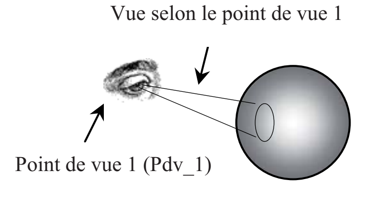
- On envisage ensuite le cas où deux points de vue sont en présence de telle sorte que la signification produite en cette occasion ne soit pas recevable parce qu'elle est jugée soit mal formée au plan sémantique, soit inaccep-

table au plan logique. On dira qu'on est en présence d'une ***confrontation de points de vue***.[12]

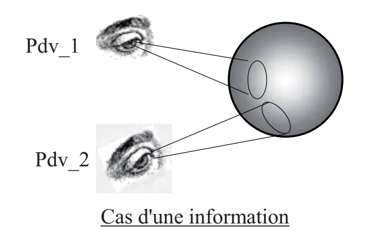
Une vue produite dans ces conditions sera appelée une ***information***.
La formation d'une signification dans ce contexte est assimilable à une activité de conception : l'objet qui y est référencé est dit **actualisé ;** l'**information** (selon le point de vue considéré) est une vue qui correspond à une description présentée, débattue, ou obtenue au cours de la conception.

- On envisage enfin le cas où des points de vue après une confrontation produisent des vues qui sont recevables sémantiquement et logiquement relativement à leur point de vue respectif. On dira qu'on est en présence d'une **corrélation de points de vue**.

Une vue produite dans ces conditions sera appelée une **connaissance**. La formation d'une signification dans ce contexte correspond en termes pragmatiques à un dépassement des oppositions ou des contradictions que l'activité de conception avait fait naître, l'objet qui y est référencé est dit **réalisé** et le terme de **connaissance** correspond à une vue produite dans ces circonstances.



Cas d'une donnée



Cas d'une information

Figure 2 : points de vue resp. sur un objet viruel et un objet actualisé

INTERETS D'UNE SEMIOTIQUE MULTI-POINT DE VUE POUR LA CONCEPTION DE SYSTEMES

Le cadre conceptuel que nous venons d'esquisser permet une définition rigoureuse des notions de données, d'information et de connaissances. Si les deux premières notions ont reçues des descriptions qu'on peut considérer comme satisfaisantes dans des contextes d'applications courants, la notion de connaissance est en générale mal définie.

Soulignons que dans le cadre de la sémiotique que nous venons d'introduire, la connaissance peut être définie sans nécessiter l'existence préalable d'un objet auquel elle se rapporterait.

Conséquence moins importante mais qu'il nous faut signaler, la connaissance ne s'assimile pas à un concept déjà-là appartenant à une ontologie régionale donnée, puisqu'elle résulte d'un processus de confrontation puis de corrélation (négociation).

Nous avons vu que les objets (ou les systèmes) sont virtuels avant qu'une confrontation de points de vue n'ait lieu. Puis ces objets sont actualisés pendant la confrontation et enfin réalisés quand le processus de négociation aboutit. L'identité d'un système ainsi réalisé va alors s'identifier aux connaissances que nous en avons. Mais si de nouvelles confrontations ont lieu du fait de l'évolution des points de vue en présence ou de l'arrivée de nouveaux point de vue, l'identité du système va s'en trouver modifier.

Dans une analyse de cause d'anomalie, quand elle s'impose, les vues sont directement actualisées à l'occasion de la confrontation des points de vue convoqués par la description de cette anomalie. Ces vues dans le cas d'une résolution, vont évoluer vont des vues du système « réalisé » à mesure que le processus de « réparation » (assimilable à une négociation) progresse. A la fin les vues résultantes correspondent à de nouvelles connaissances (selon les différents points de vue en jeu) du système.

Dans le cas d'une analyse de risque les vues dont on part correspondent à des vue du système « réalisé » avant qu'une confrontation possible ne soit envisagée au travers d'anomalies potentielles, de leurs causes et de leurs effets. Quand l'analyse de risques a lieu, les actions préventives et de secours qui sont proposées correspondent à une « réparation » potentielle de l'identité du système vis-à-vis d'un contexte élargi à un nouvel ensemble de points de vue. Parmi les vues qu'on produit dans ce contexte, se trouvent les risques. Les risques sont donc de plein droit des connaissances.

Ce ne sont là que des exemples de l'expressivité que permet une sémiotique multi-points de vue de problématique faisant intervenir directement ou indirectement la connaissance dans sa formulation. On vérifiera pour conclure ici que cette sémiotique satisfait les quatre critères que Peter Bogh Andersen proposait pour juger de

[12] On peut définir plus précisément la situation correspondant à la mise entre parenthèses des autres points de vue comme une situation d'absence de corrélation de point de vue. Cette situation est une décision d'analyse.

l'adéquation d'une sémiotique à la conception d'un système d'information.

CONCLUSIONS

Un système tel que les normes d'ingénierie le définissent est caractérisé par une hétérogénéité constitutive qui a pour conséquence de se répercuter sur les différentes descriptions qu'on peut en proposer. Il en résulte qu'un système au sens précédent est un système complexe. La prise en compte du facteur humain dans la définition d'un système quel qu'il soit est une justification suffisante pour le considérer comme un système complexe.

Une approche sémiotique des systèmes est justifiée dans la mesure où on peut rattacher toute théorie des systèmes complexes aux sciences de la culture.

En se limitant aux théories sémiotiques qui mentionnent explicitement la question de la conception des systèmes, nous avons présenté cours panorama de ces théories. Un examen des critiques qui sont adressées aux approches sémiotiques guidées par la langue, des problèmes de conception a été proposé. Pour finir nous avons présenté une telle théorie qui nous pensons s'affranchit de ces critiques. Cette théorie, sémiotique multi-points de vue, offre une expressivité appréciable aux problèmes de conception de systèmes par la précision qu'elle apporte à la notion de connaissance.

BIBLIOGRAPHIE

1. Luzeaux, D. La place de l'homme dans les systèmes de systèmes. *In Actes d'ErgioIA 2004*,
2. Glossaire de base de l'Association Française d'Ingénierie Système. Disponible à l'adresse http://www.afis.fr/nav/gt/is/doc/Glossaire_Base-V1-2.pdf
3. Le Moigne, J.L., La moédlisation des systèmes complexes. Dunod, 1990.
4. Gazendam, H.W.M., Organizational Semiotics: a state of art report. Semiotix, 2004, Vol 1, Issue 1 (http://www.semioticon.com/semiotix)
5. RASTIER, F. Sciences de la culture et post-humanité. Texto ! septembre 2004 [en ligne]. <http://www.revue-texto.net/Inedits/Rastier/Rastier_Post-humanite.html>. (Consultée le 30/03/2008)
6. Rastier, F. Bouquet, S., *Introduction aux sciences de la culture.* Paris: Coll. Formes sémiotiques. Presses Universitaires de France, 2002.
7. Andersen P. B. Computer semioticsANDERSEN, P. BØGH (1992). "Computer semiotics". Scandinavian Journal of Information systems. Vol. 4: 1992. pp. 3-30.
8. Bannon, L.,. *From Cognitive Science to Cooperative Design*. In: N. O.Finnemann, editor, *Theories and Technologies of the Knowledge Society*. 1989
9. Hénault, A.. *Question sémiotiques.* Coll. Formes sémiotiques. Presses Universitaires de France, 2002.
10. Stamper, R. K. Information in Business and Administrative Systems. Wiley, New York, 1973.
11. Jérôme Euzenat . *A theory of computer semiotics par Peter Bogh Andersen*, in: *Bulletin de l'AFIA*, AFIA, 2003, vol. 55, p. 55-58 ftp://ftp.inrialpes.fr/pub/exmo/publications/euzenat2003e.pdf.
12. Galarreta, D. *Mesurer l'évolution des connaissances d'un projet spatia*l. Conférence TIA-2001, Nancy, 3 et 4 mai 2001
13. Greimas, A. J., Courtès, J., *Sémiotique. Dictionnaire raisonné de la théorie du langage*. Paris: Hachette Université, 1979.
14. Morand B. Logique de la conception. *Figures de sémiotique générale d'après Charles S. Peirce*. Coll. Ouverture Philosophique. L'Harmattan , 2004
15. Hjelmslev L. *Le langage*, Les Editions de Minuits. 1966
16. Stamper, R. (1992*). Signs, organisation, norms and information systems*. Proc. 3rd Aust. Conf. Info. Sys.: ISOP-92 Wollongong, NSW, Australia 5-8 October 1992
17. Hjelmslev, L. *Prolégomène à une théorie du langage*, Les Editions de Minuit, 1966
18. Hjelmslev, L.: *Essais Linguistiques*. Les Editions de Minuit, Paris, 1971.

Modélisation sémiotique des systèmes créatifs. Une approche compréhensive de la génération collective de connaissances

Hakim Hachour [ab]

(a) Groupe de Recherche en Ethnométhodologie et Cognition, Laboratoire Paragraphe EA 349, Université Paris 8, 2 rue de la liberté - 93200 St Denis. (b) Société CONITIC, Paris.
h.hachour@conitic.fr

RESUME
Cet article présente un modèle sémiotique de la génération collective de connaissances. Il est fondé sur une approche constructiviste et une méthodologie compréhensive appliquée à l'étude d'activités collectives de conception et de management de projet en entreprise. Le modèle proposé se concentre sur les facteurs sémio-pragmatiques de la génération de connaissances. La connaissance routinière, en tant que ressource essentielle de l'activité collective, est objectivée dans un dispositif symbolique attaché aux motifs pragmatiques de l'activité. La génération collective de connaissances routinières procède de changements dans le style cognitif des interactants selon un processus récursif et asystématique d'exemplification dont l'objectif est d'adjoindre des significations coextensives à un élément de connaissance, jusqu'à la génération d'un thème typique. La créativité collective peut être définie comme un processus sociocognitif qui consiste en la génération interdépendante de relations symboliques socialisées et associées à un projet d'action commun. Ce modèle touche aux systèmes de cognition artificiels dans la mesure où il propose un cadre pour la compréhension des processus distribués de construction de sens.

MOTS CLES : connaissance routinière, style cognitif, cognition située, dispositif symbolique, créativité collective.

ABSTRACT
This paper presents a semiotic model of collective knowledge generation. It is based upon a constructivist approach and a comprehensive methodology; collected data come from the study of collective project design and management activities. The proposed model focuses on the social settings of meaning systems and the semio pragmatic factors of knowledge generation. It is shown that the essential resource of collective activities is routine knowledge which consists of a complex articulation of typical conducts of action that lays a foundation for the transformation and generation of both basic and specific elements of knowledge. The collective generation of routine knowledge stems from changes in the interactants' cognitive styles by the dynamical adjunction of coextensive meanings attached to accountable knowledge, and until a new theme emerges. Collective creativity could be defined as a sociocognitive process which consists in the mutually interdependent generation of practicable and socialized symbolic relations associated with a project of action. This model relates to artificial cognition systems in the sense that it suggests a framework to understand the distributed processes of meaning constitution.

KEYWORDS : routine knowledge, cognitive style, situated cognition, symbolic devices, collective creativity.

INTRODUCTION

Cette dernière décennie, « La question de la connaissance » a été le centre d'intérêt grandissant des chercheurs et praticiens des « nouvelles sciences » [16 ; 17 ; 27 ; 30]. Impliquées dans cette orientation, les sciences cognitives ont accordé un grand intérêt aux processus cognitifs individuels et collectifs, à la reconnaissance d'information, et aux systèmes de signification [16 ; 27 ; 31]. Les études en communication exhibent cette influence des sciences cognitives, néanmoins elles peuvent soutenir leur légitimité sur la base de contributions majeures : en cybernétique [5 ; 33], en communication homme-machine [28], en sociologie et anthropologie cognitives [3 ; 31]. Ces ressources théoriques m'ont mené à adopter une posture sociale constructiviste qui définit le fait que les individus construisent socialement leur représentation de la réalité dans laquelle ils exercent leurs activités cognitives [12, pp.6-7 ; 24, pp.326-331]. Cet article concerne une recherche avancée portant sur une modélisation sémiotique des processus créatifs qui émergent au cours d'activités collectives de conception et de management de projet.

Dans la première section, je souhaite démontrer l'intérêt d'aborder la question de la connaissance à travers celle des *médiations symboliques*, comme les appelait Vygotsky [31, p.76]. A cette fin, mes fondements épistémologiques doivent être clairement développés. Ensuite, je propose une présentation des terrains de recherche ainsi qu'un résumé de ma méthodologie. Dans la troisième section je rapporte les principaux résultats et descriptions. Enfin, la dernière section consiste en l'exposé d'un

modèle sémio-pragmatique de la génération collective de connaissances.

COMMUNICATION ET SOCIOCOGNITION

Les problèmes de la communication

Deux des textes fondateurs des sciences de l'information et de la communication et de l'intelligence artificielle sont l'article de Shannon titré « A Mathematical Theory of Communication » et l'ouvrage de Wiener, *Cybernetics*, qui ont été publiés la même année 1948 [26 ; 33]. Cependant, c'est à Weaver que l'on doit la juste formulation des *trois niveaux de problèmes en communication* : les niveaux de problèmes technique, sémantique et de l'effectivité (*effectiveness*) [26, pp.1-26]. Il a mis en exergue le fait que la théorie de Shannon ne résout que le premier niveau [16, pp.222-224, 231-232 ; 26], celui qui traite de la précision de la transmission du signal au sein d'un système de communication.

Shannon déclara clairement dès son introduction que « les aspects sémantiques de la communication ne sont pas pertinents pour le problème de l'ingénierie » [26, p.31]. Cette « exclusion » du problème de la signification du message fonde la distinction entre la théorie générale de l'information et les théories de la signification. Ces dernières ont pour objet l'étude des systèmes de signification, de leur génération et de leur évolution. A ce niveau, l'assomption selon laquelle les aspects sémantiques peuvent être gérés par l'utilisation d'un langage commun devient problématique : quelle est la relation entre le message et sa signification ? Et comment les communicants arrivent-ils à se comprendre ? Le projet de la sémantique – en qualité de composante de la sémiotique [18 ; 31] – consiste à répondre à ces questions. Le développement accéléré des pratiques basées sur l'emploi d'un système informatique, tant dans les activités professionnelles que les activités mondaines, a fait ressurgir le problème sémantique qui semble être devenu l'une des grandes orientations pour le futur des sciences de l'information. Les recherches en « Web sémantique » exhibent cet intérêt et ont démontré que la formalisation d'*ontologies* – i.e. l'application d'un système de conceptualisation limité selon un schéma RDF (*Resource Description Framework*) exploité par un langage d'ontologie web (OWL) utilisant une syntaxe XML (*eXtensible Markup Language*) –, de logique floue (*fuzzy logic*), et de modèles de raisonnement (analogique, causal, généalogique), permet de résoudre certains des problèmes sémantiques liés à la reconnaissance et au traitement d'informations complexes [4 ; 15 ; 32]. Ces avancées récentes de la théorie de l'information défient le modèle classique de la communication et ont conduit Davies, Fensel, & Harmelen à conclure qu'un « travail excitant devra être accompli pour permettre la transition des pages de ce livre [de cet article] vers des pratiques réelles, dans l'industrie réelle, sur un web réel » [4, pp.265-266] ; celui qui cherche à comprendre des processus de communication se doit de décrire les systèmes de signification de ses producteurs.

L'effectivité de la communication peut être interprétée comme sa propriété pragmatique. Ici, l'intérêt est de comprendre comment les significations affectent le « récepteur » qui acquière le statut d'acteur dynamique : un interactant. La relation triadique qui lie un representamen (i.e. signe), un interprétant (i.e. une procédure d'interprétation), et un objet, fonde la dynamique d'une communication [18, pp.126-147 ; 31, p.258]. A ce niveau de problèmes, les interactions, les redondances et feedbacks, comme l'a exposé Wiener, sont les déterminants les plus importants de la compréhension mutuelle. Cette conception des processus de communication remet en question l'assomption selon laquelle nous pouvons « connaître les objectifs du système qui a été construit » [15, p.22] et ramène le niveau de problèmes pragmatique au devant de la scène : celui qui cherche à comprendre un système sociotechnique complexe doit prendre en compte sa dynamique et son évolution.

Connaissance et action

Connaissance et possibilités de réalisation (ou praticabilités). La conception phénoménologique de la connaissance induit une définition relative : une connaissance est *un fait corroboré de manière pragmatique* avant d'être une *croyance vraie justifiée*. En effet, comme Rescher l'a réalisé, quelqu'un croit quelque chose « sur une base raisonnée suffisante pour garantir cette vérité et vérifier que c'est bien le cas » [21, p.5]. Pour ma part, je reprends la définition de la connaissance proposée par Alfred Schutz (1899-1959) [22 ; 23 ; 24 ; 25]. Son modèle peut être relié à la synthèse de la « connaissance tacite et explicite » proposée par Nonaka, et fondée sur la théorie de Polanyi [17, p.20-21 ; 30, pp.68-69]. Cependant, la distinction primordiale procède de la conceptualisation d'un type de connaissance intermédiaire regroupée sous le nom de « connaissance routinière » (*routine knowledge*) [24, p.105]. D'ailleurs, Nonaka reconnait que la circulation et le transfert de la connaissance repose sur la pratique et l'expérience commune [17]. Or, la question de savoir comment cette connaissance est partagée peut être examinée *via* une approche pragmatique des médiations symboliques qui surviennent au cours de la pratique, « quelque chose […] de l'ordre du signe » [30, p.69 ; 31, p.254] ; c'est à partir de cet intérêt pour les aspects sémiotiques des systèmes que des modèles de cognition ont pu être formulés (Hutchins & Hazlehurst [13] ; Vogt [32]).

Les connaissances fondamentale et spécifique. Le modèle schutzéen représente les éléments de connaissance tacite (ou l'arrangement de processus expérimentés de manière purement subjective) comme la part de connaissance totalement prise pour allant de soi [22 ; 24] ; cette dernière ne nécessite, pour le moment, aucune analyse supplémentaire et forme la base de la réalité

sociale [23]. Ce type de connaissance s'exprime particulièrement à travers la corporalité des actions et ses éléments se trouvent être totalement attachés à leur situation d'acquisition, de traitement, et/ou de génération. A contrario, les éléments de connaissance spécifique sont des composants anonymisés et thématisés. Le fait qu'ils sont détachés de la situation caractérise leur objectivité [24, pp.99-118].

Connaissance fondamentale	***Connaissance routinière***	**Connaissance spécifique**
Eléments intériorisés (corporalité, attitudes)	*compétences, connaissance utile, et connaissance « de recettes »*	Eléments extériorisés (données thématisées)
Attachée à la situation	*Contingente à la situation*	Détachée de la situation
Subjective	*Intersubjective*	Objective
Tacite	*Observable et descriptible*	Explicite
Allant de soi	*Circonstancielle*	Questionnable

Tableau 1 : Caractéristiques des trois types de connaissance.

La connaissance routinière (CR). Entre ces types idéalisés qui forment les connaissances fondamentale et spécifique, il y a celui moins bien défini que représente la CR. Ce type est lié aux finalités pratiques de l'activité et se réfère aux possibilités de réalisation que contient l'environnement quotidien avec l'intention de mettre l'accent sur l'importance des *significations-en-action* (voir ***tableau 1*** et *infra*). La CR est formée par l'articulation de sous types de connaissance à la spécificité croissante : les compétences (*skills* – ou des routines d'action intériorisées, établies de manière « définitive » et totalement attachées aux déterminants sociaux et spatiotemporels de l'interactant), la connaissance utile (*useful knowledge* – ou l'articulation de compétences habituelles), et *la connaissance de recettes* (*knowledge of recipes* – ou des routines d'actions incorporelles qui nécessitent l'articulation complexe et plus explicite de différentes compétences et connaissances utiles).

Faire sens en communiquant

Le système de pertinence de l'observateur ou style cognitif. Chaque action pratique est dirigée vers un objectif, et l'articulation des étapes accomplies en vue d'atteindre ce dernier constitue les patterns du cours d'action (*course-of-action patterns*) [22, pp.19-22 ; 23, p.187 ; voir aussi 31]. L'action commence après une prise de décision, i.e. un choix parmi des projets d'action [25, pp.49-57]. Ce caractère téléologique de toute action humaine implique des processus de contextualisation ; en effet, les projets sont conçus à partir d'anticipations des environnements futurs. Une situation résulte des situations précédentes et les interactants interprètent les données perceptives en vue d'anticiper les prochains composants contextuels avec lesquels ils devront interagir. Les processus de contextualisation procèdent de la sélection et du traitement des données pertinentes de la situation et sont conditionnés par la synergie de trois structures de pertinence qui forme le style cognitif de l'interactant [24, pp.23-28] : *la pertinence thématique* (imposée et motivée), *la pertinence interprétative* (imposée par le niveau de connaissance du thème et motivée par l'inadéquation entre le thème et sa connaissance), *la pertinence motivationnelle* (conditionnée par la biographie de l'interactant formulée dans un *contexte parce-que*, et par la chaine de motivations téléologiques dans un *contexte en-vue-de*) [24, pp.182-229].

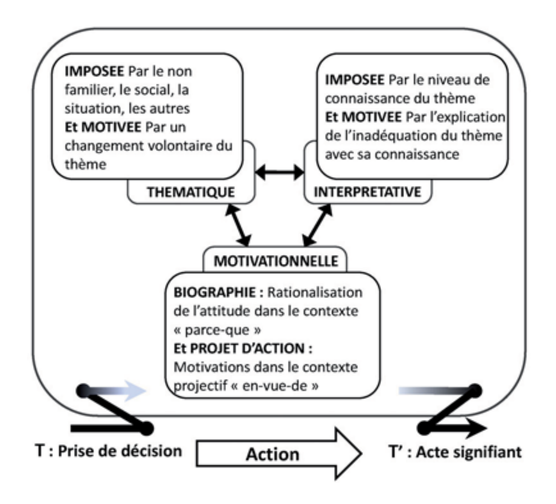


Figure 1 : Le système de pertinence en action (Schutz).

Au cours de l'acquisition d'un élément de connaissance (***figure 1***), une configuration particulière du système de pertinence est intrinsèquement liée à une action pratique et son résultat, i.e. un acte ; en effet, et comme l'avait suggéré Piaget, « la connaissance n'est pas une copie de l'environnement mais un système d'interactions réelles » [19, p.27]. Cette configuration est typifiée et institutionnalisée avec le temps, des feedbacks et la répétition. Brièvement, l'adéquation entre ces structures interdépendantes du système de pertinence et le cours d'action détermine si la situation est *routinière* ou *problématique* : une *situation routinière* provient de l'adéquation entre le système de pertinence (une configuration entre des thèmes, des interprétations et des motivations) et le cours d'action, *une situation problématique* provient d'une incohérence entre le système de pertinence et le cours d'action.

Communication et connaissance. Le stock de connaissances contient les trois types de connaissance et peut être défini comme la sédimentation spatiotemporelle de ses éléments [11 ; 23 ; 24]. Ces derniers consistent en un couplage entre une configuration du système de pertinence et un acte : *une expérience signifiante*. Pour être socialisé, ce stock doit être partagé avec d'autres interac-

tants. La théorie de la connaissance partiellement exposée dans cet article implique l'existence de systèmes de signification par lesquels la connaissance peut être communiquée : ces systèmes sont le présupposé d'un « détachement des limitations de la cognition individuelle » [25, p.143] : un moyen pour l'individu de transcender ses contextes spatiotemporels et sociaux.

Les faits observables et descriptibles à toutes fins pratiques (accountable facts). Pour qu'un élément de connaissance soit « pris en compte » (ou être *accountable* selon Garfinkel), c'est-à-dire observable et descriptible [6, p.1], les interactants doivent se trouver dans un environnement communicationnel et se référer à un système de pertinence commun. Au cours des activités pratiques de la vie quotidienne, les faits *accountable* doivent être appréhendés comme indexicaux et réflexifs au sens ethnométhodologique des termes [6 ; 7 ; 11 ; 28]. Les expressions ou actions indexicales ne sont compréhensibles que dans leur contexte de production [7, pp.66-68]. Les interactants doivent être « orientés » les uns vers les autres pour sélectionner des procédures interprétatives pertinentes [3, pp.39-41] ; comme Schutz l'a démontré *via* sa *Thèse générale des perspectives réciproques*, les interactants doivent pouvoir accéder à deux idéalisations pour communiquer de manière efficace : « l'idéalisation de l'interchangeabilité des points de vue » et « l'idéalisation de la congruence des systèmes de pertinence » [22, pp.11-13]. Quant à la réflexivité, c'est une qualité des séquences d'action qui permet aux interactants de conduire leur activité par l'approvisionnement de feedbacks continus, actualisant et anticipant les significations de l'environnement [3, pp.54-55 ; 6, pp.7-8]. Ces deux propriétés des faits *accountable* caractérisent les facteurs circonstanciel et procédural des interactions [28, p.50].

UNE APPROCHE COMPREHENSIVE DE L'ACTIVITE COLLECTIVE

Méthodes

Les données ont été élaborées à partir de méthodes inspirées par celles de l'ergonomie cognitive et de la sociologie compréhensive, impliquant une observation participante complète, l'entretien non directif (formel et informel) des concepteurs, l'analyse rétrospective des interactions et des conversations à partir d'enregistrements audio vidéo et de captures d'écran, et des expériences en situation. Garfinkel a nommé ces dernières « *breachings* » comme (1) une modification pertinente du comportement ou de l'environnement de l'observateur qui surprend les expectatives des interactants et (2) le relevé des réactions comportementales altérées [6, pp.53-75 ; 10].

Afin de poursuivre ma recherche, j'ai été amené à développer une *méthode de modélisation du système de pertinence* des interactants. La description du *style cognitif* d'un interactant se fait en fonction de son système de signification: (a) L'observation de son activité permet de décrire la structure de pertinence thématique en fonction de la structure de pertinence interprétative. (b) La « typologie des objets dénotés par son *thésaurus* » (i.e. sa taxinomie naturelle) permet de décrire la structure de pertinence interprétative en fonction de la structure de pertinence thématique. (c) Les médiations symboliques (ou processus d'exemplification, *cf. infra*) exhibées par l'argumentation de l'interactant permettent de décrire la structure de pertinence motivationnelle en fonction des structures de pertinence interprétative et thématique.

Terrains

Je centre mes recherches sur l'étude des activités de conception collective et plus particulièrement celles dont les concepteurs sont autonomes au sens de Terssac et Maggi [29, pp.249-250]. Ma première recherche a porté sur la conception musicale collective, avec un intérêt particulier pour les communications musicales du fait de leurs structures non-sémantiques. J'ai observé ce groupe de trois interactants pendant une année et demi (et collecté près de 50 heures d'enregistrement de leur activité) [10 ; 11]. Mes recherches en cours portent sur la conception collective de projets et leur management en entreprise. Les données présentées dans le cadre de cet article concernent la conception d'une stratégie d'entreprise dans une TPE qui pourvoit des prestations de conseil, des formations et des solutions technologiques de l'information et de la communication. J'ai observé ce groupe de quatre interactants depuis septembre 2007 (et collecté près de dix heures d'interaction homme-homme et homme-machine) [11].

Le point de vue de l'interactant

La complexité d'un système social dépend du système de pertinence de l'observateur et de son environnement. L'observation participante, pondérée par des techniques d'auto confrontation [31, pp.197-202], permet à l'observateur d'accéder aux structures de pertinence des interactants. De cette manière, il peut décrire la réalité sociale endogène en reconnaissant « l'intérêt pragmatique du regard réflexif qui s'étend à partir […] du particulier ici et maintenant d'où ce regard opère » [23, p.74]. « Pas d'observation, pas de description » déclara très justement von Foerster [5, p.289]. Le double statut d'observateur/interactant requière de la part du chercheur qu'il stipule ses propres objectifs – *via* l'exposé de son background théorique et de son projet scientifique en tant qu'observateur, et de ses motivations en tant qu'interactant [22] – et l'objectif du système par l'analyse descriptive des objectifs, projets et motivations conflictuels.

CONCEVOIR ET REALISER : UNE PRODUCTION DE CONNAISSANCES SITUEE

Je souhaite présenter un court extrait d'une transcription d'interaction, et ce, en vue d'illustrer la complexité des communications situées.

Notation :
Pour faciliter la lecture, cette transcription est simplifiée. Les expressions qui se chevauchent sont indiquées entre crochets – '(.)' indique une pause dans l'échange inférieur à 0.1 seconde – les points de suspension '[…]' marquent une omission volontaire – l'absence de pauses dans l'enchainement des échanges est indiquée par le signe '=' – les descriptions complémentaires entre parenthèses sont celles d'actions réalisées au cours des verbalisations – la virgule représente une respiration.

Contexte:
Les quatre associés de l'entreprise étaient en réunion formelle dans leur bureau (les interactants sont dénotés par les lettres majuscules G, H, S, et V). H et G avaient placé leur ordinateur portable respectif devant eux, S et V prenaient des notes. L'ordre du jour explicite de cette réunion consistait : à valider les statuts de l'entreprise, planifier et valider leur projet de développement commercial et leur stratégie marketing. Après une courte pause, V a imposé un nouveau thème qui a relancé une conversation antécédente portant sur la relation entre la fourniture d'une plateforme web, de formations et de conseils.

Transcription :
(S se lève et se dirige dans la pièce mitoyenne pour préparer un café)

L1V : euh j'avais une ot'question, c'était juste pour savoir, le gars qui va acheter la plateforme qui va prendre les deux trois formations, vous, vous voulez vendre du conseil sur, sur euh, le même domaine dans lequel vous êtes intervenus avec la vente de plateforme, c'est comme ça que vous voyez les choses (V regarde alternativement H et G) =

L2G : = pas forcé[ment] (V et G se regardent)

L3H : [moi je] dis que c'est une porte (.)

L4G : c'est une porte=

L5V : = d'accord (.)

L6G : voilà les premières années ça va être la porte, où le mec quand il sera bloqué on lui dira vous savez on a aussi des consultants qui peuvent vous aider (.) donc euh là ça peut être l'entrée (S revient à sa place et prend des notes)

[…] L7V : ça marche (.) (H fait un signe de main à V et G, V baisse la tête et relie ses notes) […] (G regarde alternativement H et un catalogue de formation d'un concurrent) […]

Cet extrait exhibe trois propriétés des interactions situées du groupe observé ; *premièrement*, l'utilisation généralisée d'expressions et d'actions indexicales, particulièrement les déterminants déictiques qui dénotent *une source de contraintes* ('*Le* gars', '*le* mec', '*la* porte', '*l'*entrée', '*la* plateforme'), les pronoms personnels et démonstratifs qui dénotent clairement des représentations de différents groupes et entités ('je'/'vous', L1 ; 'il'-'vous'/'on', L6), et les projections d'actes et de leur produit ('une plateforme', 'deux-trois formations', L1) ; *deuxièmement*, en cas de relation en face à face, les interactions étaient multimodales : gestuelle, verbale et médiatée par ordinateur grâce à des clients mail et des logiciels de messageries instantanées, ce dernier mode était strictement réservé à l'échange de documents (le cas de certaine communication purement monomodale n'est pas traité ici) ; *troisièmement*, la continuité caractéristique des conversations dans lesquelles, à l'opposé des monologues ou discours, les actes illocutoires se succèdent sans pause (ou courte < 0.1 s) et se chevauchent régulièrement.

Manifestement, la quantité de connaissance socialisée est fonction de l'expérience partagée par les interactants ; dans les activités de conception de projet observées, elle augmentait à travers l'accumulation d'expériences jusqu'à ce que le domaine soit appréhendé comme totalement analysé. Cela se démontre par l'entretien et l'observation périodique des interactants, l'étude de leur monologue et discours et l'analyse régulière de *la densité des communications au cours de leur activité* ; chaque concepteur du projet a acquis de manière hétérogène la capacité de développer des thèmes corrélés au projet en cours avec plus de précision et plus longtemps dans le cadre des entretiens ou communications unilatérales, alors que la densité des communications interpersonnelles (en face à face et médiatées) était de plus en plus faible jusqu'à la réalisation du projet. Je dois néanmoins insister sur la récursivité du processus de conception. Un projet pouvait être formé de sous projets dont la réalisation (contraintes, opportunités) pouvait modifier le projet d'ensemble. Ainsi, les interactants avaient de moins en moins de situations problématiques à gérer jusqu'à la réalisation complète du projet initialement conçu (et revu). Ils ont acquis la capacité à reconnaitre des problèmes types ne nécessitant pas d'être formulés de manière explicite et de coopérer en vue de résoudre ces derniers avec un minimum de communications explicites et majoritairement des pratiques routinières.

MODELISATION SEMIO-PRAGMATIQUE DE LA GENERATION DE CONNAISSANCES ROUTINIERES

Objectivation de la connaissance et dispositifs symboliques partagés

L'activité des interactants impliquait les trois types de connaissance. Les éléments de connaissance fondamentale étaient communiqués à travers les attitudes apparaissant comme « spontanées », la prosodie et la reconnaissance de conduites d'action typiques. Les éléments de connaissance spécifique étaient communiqués à travers l'échange de documents (données thématisées) ; à ce niveau, les communications médiatées par ordinateur (ex. l'utilisation de logiciels de messagerie instantanée) ont dynamisé les communications en assistant les interactants, en réduisant leur astreinte cognitive. La connaissance routinière avait la particularité d'être fluctuante et d'être employée pour la transformation tant des éléments de connaissance fondamentale que spécifique ; ce type pourrait être qualifié de « zone tampon » dans laquelle des éléments du stock de connaissance peuvent être socialisés à travers des formes signifiantes. Celles-ci définissent des fonctions présymboliques dont l'objet est de cristalliser une forme de connaissance intersubjective. Ces objectivations pouvaient prendre différentes formes selon qu'il s'agissait de la reconnaissance hypothétique d'un processus subjectif, de la réalisation de schémas et dessins, de démonstrations corporelles, de transactions, de données objectives, ou de verbalisations. Afin d'objectiver leur interprétation du thème selon leurs motifs pragmatiques, les interactants ont employé des

apprésentations – ou l'association entre une donnée perceptive présente (ex. une information, une forme humaine) et quelque chose objectivement non perceptible (ex. une signification, le mot « *homme* » ou « *man* ») [14, pp.91-102]. Par exemple, au cours de leur conversation (*cf.* transcription), le thème imposé par V concernait la relation entre « fournir une plateforme web », « fournir des formations » et « fournir des conseils ». La stratégie de l'entreprise impliquait de nombreux projets (englobés dans celui de transiter de la prestation informatique, à la prestation de formation, à la prestation de conseil). Ce projet d'action a été objectivé dans la forme signifiante « [une ; cette] porte » (L3-4-6). Bien que cette stratégie ait déjà été discutée par G et H, cette forme n'avait jamais été utilisée jusqu'à ce moment. Auparavant, ce projet avait été objectivé sous la forme d'un schéma type par G et repris par H. Ici, l'apprésentation à été faite entre « fournir une plateforme web » et « une porte ». Je dois néanmoins préciser que les comportements attribués aux interactants (tel que S qui prend des notes, L6) ou l'utilisation d'objets (*leur* ordinateur, *le* catalogue de *tel* concurrent), indiquaient aux interactants des hypothétiques processus subjectifs (intérêt, pensée, compréhension, intention, affect). Un élément de connaissance objectivé définit « l'incarnation de processus subjectifs dans les événements et les objets » [24, p.271] ; et l'analyse des interactions montre que les objectivations procèdent des processus communicationnels. Au cours des activités collectives, trois types d'objectivation peuvent être distingués : *les indications, les produits et les signes*. Ce modèle s'inspire largement de la théorie de la signification schutzéenne développée dès 1932 [23 ; 24 ; 25].

Les *Indications* proviennent de l'expérience des *Autres* et définissent l'interprétation d'une donnée perceptive comme le résultat de processus subjectifs, que ce soit vrai ou non. Les interactants usent des Indications en vue d'améliorer la maitrise qu'ils ont de la situation par la reconstruction de perspectives. Les Indications ne sont accessibles que par l'expérience directe de l'environnement et des autres.

Les *Produits* sont le résultat d'actes, ils sont intentionnellement conçus et positionnés dans un environnement matériel ou virtuel et combinent trois types de composant selon des degrés symptomatiques : des *Marques* (i.e. les résultats de modifications intentionnelles de l'environnement), des *Outils* (i.e. des artefacts employés pour transformer l'environnement), et des *Artworks* (i.e. des transformations de l'environnement motivées par une esthétique).

Les *Signes* forment des systèmes complexes qui résultent de la socialisation proactive de systèmes de produits avancés (le Langage est les plus important) ; leur utilisation est le seul moyen d'objectiver des éléments de connaissance spécifique qui sont détachés des déterminants sociaux et spatiotemporels de l'activité en cours. J'utilise l'adjectif « symbolique » pour désigner cet ensemble particulier d'artefacts qui définit un « dispositif ». Par conséquent, les **dispositifs symboliques partagés (DSP)** sont construits et employés par les groupes sociaux afin de normaliser les résultats typiques des processus de contextualisation. Le fait que les éléments de connaissance routinière (et leur motifs pragmatiques) sont rendus observables et descriptibles (i.e. *accountable*) à travers tous les types d'objectivation montre l'intérêt de leur étude.

Evolution représentationnelle et cognitive

La description périodique des DSP montre que chaque activité socialement organisée semble requérir un DSP particulier. L'objectivation d'un élément de connaissance peut être appréhendée comme un échantillon qui le symbolise contextuellement. Chaque échantillon de connaissance (ex. données lisibles, expressions, comportements, événements) pouvait représenter aux interactants un ou plusieurs *objets dénotés*, i.e. significations ; Goodman a démontré que « la dénotation est le cœur de la représentation et est indépendante de la ressemblance » [9, p.5]. De manière plus précise, les échantillons de connaissance pris en compte dans l'interaction exemplifiaient les éléments dénotés. Goodman a décrit le mode de symbolisation appelé « exemplification » à partir des notions d'*échantillon* et d'*étiquette*. Un échantillon n'exemplifie que quelques étiquettes coextensives de l'objet qu'il dénote, et l'exemplification est récursivement « la référence d'un échantillon à une propriété de l'échantillon » [9, pp.58, 97-98]. Chaque échantillon de connaissance exemplifiait plus d'étiquettes que celles pouvant être objectivement perçues (telles que ses connotations, sa temporalité, ses expériences, ses modes d'exploitation). Le processus d'exemplification est compréhensible par la description de l'évolution des significations associées aux actions et expressions indexicales. Celles-ci ont précipité des apprésentations qui, par l'adjonction dynamique et réflexive d'étiquettes coextensives, ont permis de construire collectivement un sens intersubjectif relié à un échantillon de connaissance.

Dans l'extrait de la troisième section, la proposition d'une spécification de la stratégie (***S***) faite par V aux interactants H, G, (et potentiellement S), est représentée par l'expression « L1:PV➔H,G,(S) » dans la ***figure 2***. Cette proposition est argumentée par un réseau d'exemplifications des relations thématiques entre fournir une plateforme Web (**W**), des formations (**F**), et du conseil (**C**), la stratégie (***S***) correspondant à une représentation d'un plan d'action. Dans la suite de l'échange, le schème interprétatif de l'étiquette « porte (**p**) » a été socialisé en vue d'exprimer un projet commun en fonction d'une situation hypothétique : (**W**) *en-vue-de* (**F**) *en-vue-de* (**C**), et *parce-que* chaque type de fourniture peut conduire au suivant selon leur rationalité. La répétition en L3, L4 et L5, suivi par le développement argumenté de cette association, marque le ralliement des interactants autour d'un consensus.

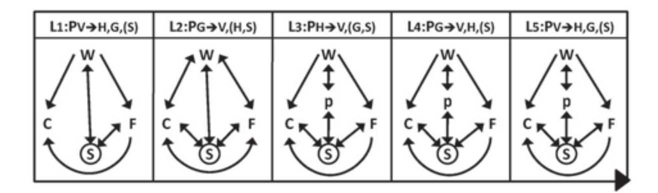


Figure 2 : Diagramme d'exemplifications de la conversation [flèche à double sens : exemplification ; flèche à sens unique : dénotation].

Dans cet exemple simplifié et centré sur le thème « stratégie », il est intéressant de constater que l'exploitation du diagramme d'exemplifications permet de discerner de nouvelles possibilités de réalisation ouvertes par G en L2 et par l'adjonction de l'étiquette « porte » (p) au réseau : exploiter comment le conseil (C) peut dénoter les plateformes Web (W) ou la formation (F), proposer que l'étiquette (p) dénote et/ou exemplifie (C) ou (F). Ce processus d'exemplification dynamique était le « moteur » d'évolutions représentationnelles et de la génération de nouveaux thèmes. Il peut concerner des micros échanges comme ici, ou être formalisé au niveau méso- et macro- selon l'échelle choisie et avec l'aide d'une base documentaire.

Modélisation sémiotique des systèmes créatifs

La créativité individuelle peut être définie comme la capacité à réaliser une production inattendue, novatrice et ayant de la valeur – comme la capacité à générer de nouvelles représentations [1, p.267 ; 2, p.21 ; 20, p.106]. Les développements qui précèdent tendent à confirmer le fait que le cœur du processus de génération de connaissances routinières (CR) est l'occurrence de processus de médiation symbolique dans le cours d'action. Je peux distinguer deux phénomènes conséquents qui peuvent définir la « créativité collective »: *i*) la clarification d'éléments du stock de connaissances (les nouvelles connaissances), et *ii*) la véritable génération d'éléments de connaissance (les connaissances novatrices).

Premièrement, la maitrise effective de situations typiques confirme les associations antécédentes faites entre des configurations du système de pertinence et le DSP. Cela développe la familiarité du stock de connaissances socialisé et contribue au statut non questionnable d'un type de conduite idéalisé ; cette répétition enrichit l'idéalisation d'une *procédure sociocognitive* associée à un *cours d'action typique*.

Deuxièmement, les connaissances novatrices proviennent de la structuration d'une représentation d'un thème au cours de l'action (***figure 3***). L'origine du nouveau thème est l'inadéquation entre une étiquette interjetée et le système de pertinence socialisé. Les motivations et ressources individuelles des interactants infèrent sur le choix des étiquettes coextensives à objectiver dans la structure de pertinence thématique socialisée ; j'interprète ces objectivations comme des propositions situées (**P**) qui sont produites *en-vue-de* rendre observable et descriptible un élément de connaissance (pour le producteur y compris). Le fait que cette objectivation soit reconnue de manière manifeste définit une objectivation socialisée qui enrichit le dispositif symbolique partagé (**DSP)** *via* un feedback réflexif **R**. Ensuite, un processus d'exemplification récursif et asystématique s'enclenche avec l'objectif de synchroniser les structures de pertinence interprétative et motivationnelle (**PE**). Le résultat de ce processus s'incarne dans une représentation intersubjective de la réalisabilité de la proposition (**RIP**) ; de cette manière, cette représentation constitue potentiellement une nouvelle proposition (par **R''**). Cependant, le processus lui-même peut exhiber des feedbacks réflexifs potentiels (**R' et R*n***) du fait de la temporalité du cours d'action comme la sédimentation d'objectivations socialisées. Quand les interactants atteignent un accord satisfaisant – ou « satisficing » [27, pp.27-31] – ils ont réflexivement reformé leur DSP ; ils ont construit et typifié une *routine sociocognitive* attachée à un *cours d'action typique* et *un projet d'action commun* : un nouveau thème. Ce thème émergeant modifie le système de pertinence socialisé, il permet de structurer de nouveaux problèmes et de redéfinir des problèmes préexistants. Ce modèle ne prend pas en compte les déterminants du choix des propositions du fait de leur caractère idiosyncratique. Néanmoins je peux soutenir que chaque cours d'action collectif constituait une opportunité pour les interactants de réactualiser leur DSP à travers des ajustements communicationnels dont l'objectif était de *synchroniser* [8, p.131] leur système de pertinence socialisé vis-à-vis de la nouvelle situation.

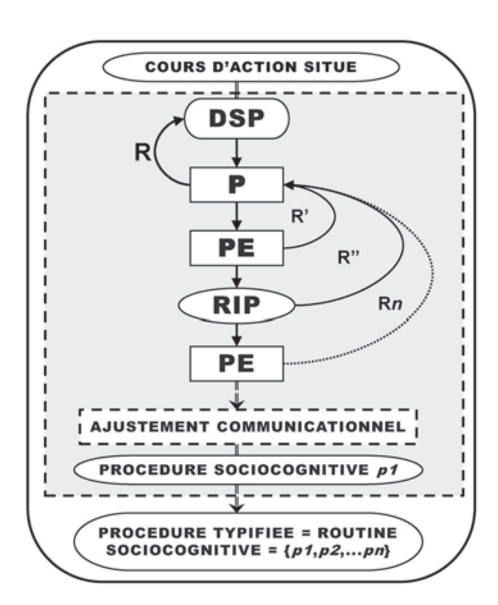


Figure 3 : Modèle sémiotique de la génération collective de connaissances routinières.

BIBLIOGRAPHIE

1. Boden, M.A. Creativity. In M.A. Boden (Ed.), *Artificial Intelligence*. Academic Press Inc., CA, San Diego, 1996, pp.267-292.

2. Bonnardel, N. *Créativité et conception : approches cognitives et ergonomiques*. Solal, Marseille, 2006.

3. Cicourel, A. *Cognitive Sociology: Language and Meaning in Social Interaction*. Penguin Educational Books, UK, Harmondsworth, 1973.

4. Davies, J., Fensel, D., & Harmelen, F. van (Eds.). *Towards the Semantic Web – Ontology-driven Knowledge Management*. Wiley, New York, 2003.

5. Foerster, H. von. *Understanding Understanding: Essays on Cybernetics and Cognition*. Springer, New York, 2003.

6. Garfinkel, H. *Studies in Ethnomethodology*. Prentice-Hall, NJ, Englewood Cliffs, 1967.

7. Garfinkel, H., & Sacks, H. On Formal Structures of Practical Actions (1970). In J. Coulter (Ed.), *Ethnomethodological Sociology*, Edward Elgar Publishing Ltd, UK, Aldershot, 1990, pp. 55-84.

8. Giboin A. La construction de référentiels communs dans le travail coopératif. In J.M. Hoc & F. Darses (Eds.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. PUF, Paris, 2004, pp.119-138.

9. Goodman, N. *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols*. Hackett, IN, Indianapolis, 1968.

10. Hachour, H. Approche ethnométhodologique de l'activité de conception musicale d'un trio d'autodidactes. In *Cahiers d'Ethnométhodologie*, No. 2, Lema, 2008, pp.49-62.

11. Hachour, H. Knowledge, Accountability, and Relevance Systems – Objectivations of Social Reality through Shared Symbolic Devices. In Y. Kiyoki & T. Tokuda (Eds), *Proceedings of the 18th European Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases*, Tsukuba, Japon, 2008, pp.353-358.

12. Hacking, I. *The Social Construction of What?*. Harvard University Press, MA, Cambridge, 2000.

13. Hutchins, E., & Hazlehurst, B. Auto-organization and Emergence of Shared Language Structure. In A. Cangelosi & D. Parisi (Eds.), *Simulating the Evolution of Language*, Springer, London, 2002, pp.279-306.

14. Husserl, E. *Méditations Cartésiennes. Introduction à la phénoménologie*. Vrin, Paris, 1969.

15. Kir, G.J. *Uncertainty and Information.* Wiley, New York, 2006

16. Le Moigne, J.L. *Le constructivisme Tome II – Epistémologie de l'interdisciplinarité*. L'Harmattan, Paris, 2002.

17. Nonaka, I. Dynamic Theory of organizational Knowledge Creation. In *Organization Science*, Vol. 5, No. 1, February, 1994, pp.14-37.

18. Peirce, C.S. (1839-1914). *Ecrits sur le signe*. Seuil, Paris, 1978.

19. Piaget, J. *Biology and Knowledge: An essay on the relations between organic regulations and cognitive processes*. University of Chicago Press, Chicago, 1971.

20. Prinz, J.J., & Barsalou L.W. Acquisition and Productivity in Perceptual Symbol Systems : An Account of Mundane Creativity. In T. Dartnall (Ed.), *Creativity, Cognition, and Knowledge*, Praeger, CT, Westport, 2002, pp.105-138.

21. Rescher, N. *Epistemology – An Introduction to the Theory of Knowledge*. SUNY, New York, 2003.

22. Schutz, A. Common-sense and Scientific Interpretation of Human Action (1953). In *The Problem of Social Reality, Collected Papers I*, Martinus Nijhoff, La Haye, 1962, pp.3-47.

23. Schutz, A. *The Phenomenology of the Social World* (1932). HEB, Londres, 1976.

24. Schutz, A., & Luckmann, T. *The Structures of the Life-World, Volume I*. Northwestern University Press, IL, Evanston, 1973.

25. Schutz, A., & Luckmann, T. *The Structures of the Life-World, Volume II* (1983). Northwestern University Press, IL, Evanston, 1989.

26. Shannon, C., & Weaver, W. *The Mathematical Theory of Communication* (1949). The University of Illinois Press, Chicago, 1998.

27. Simon, H. *The Sciences of the Artificial* (1969). MIT Press, MA, Cambridge, 1996.

28. Suchman, L.A. *Plans and Situated Actions: The problem of human machine communication* (1987). Cambridge University Press, MA, Cambridge, 1994.

29. Terssac G. de, & Maggi, B. Autonomie et Conception. In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception*, Octarès Editions, Toulouse, 1996, pp.243-266.

30. Teulier, R., & Lorino, P. (Dir.), and *al*. *Entre connaissance et organisation: l'activité collective*. Editions La Découverte, Paris, 2005.

31. Theureau, J. *Le cours d'action : méthode développée*. Octarès Editions, France, Toulouse, 2006.

32. Vogt, P. Language Evolution and Robotics: Issues on Symbol Grounding and Language Acquisition. In A. Loula et *al*. (Eds), *Artificial Cognition systems, op cit*., 2007, pp.176-209.

33. Wiener, N. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1948). MIT Press, MA, Cambridge, 1965.



METHODES, EVALUATIONS, ANALYSE DES BESOINS SPECIFIQUES

⁂

Accompagnement et intégration des personnes avec autisme : étude du rôle du psychologue superviseur par les techniques conjointes d'entretien et d'analyse géométrique des données

Marion Wolff

Université Paris Descartes
Ergonomie, Comportement & Interactions (EA 1753)
45, rue des Saints-Pères
75 270 Paris Cedex 06

marion.wolff@univ-paris5.fr

Maria Pilar Gattegno

Cabinet de Psychologie
E.S.P.A.S
97 avenue Charles de Gaulle
92 200 Neuilly sur Seine

mpgattegno@noos.fr

Jean-Louis Adrien

Université Paris Descartes
LPNC (EA 4057)
Institut de Psychologie
71 avenue Édouard Vaillant
92 100 Boulogne-Billancourt

jean-louis.adrien@univ-paris5.fr

RESUME

La fonction récente de « psychologue superviseur » pour l'accompagnement de personnes avec autisme est encore méconnue du grand public, mais son rôle est indispensable pour l'intégration des personnes avec autisme. Pour étudier cette nouvelle profession issue du programme IDDEES (Intervention, Développement, Domicile, École, Entreprise, Supervision), une approche ergonomique a été utilisée à partir d'une analyse approfondie d'entretiens menés auprès de onze psychologues superviseurs, et étudiés par le biais d'une analyse géométrique des données. Les résultats permettent non seulement de déterminer précisément le rôle du psychologue superviseur, mais aussi de formuler des recommandations pour tenter de pallier les difficultés rencontrées au quotidien et suggérer également des compléments de formation.

MOTS-CLES : accompagnement, personnes avec autisme, psychologue superviseur, programme IDDEES (Intervention, Développement, Domicile, École, Entreprise, Supervision)

ABSTRACT

The new occupation of "supervisory psychologist" for the accompaniment of persons with autism is still relatively unknown to the public, but its role is essential for the integration of persons with autism. In order to study this new occupation derived from the IDDEES programme (Intervention, Development, Home, School, Business, Supervision), we used an ergonomic approach based on an in-depth analysis of interviews carried out with eleven supervisory psychologists, and studied with a geometric data analysis. Results offered means, not only to precisely define the supervisory psychologist's role, but also to express recommendations aiming to overcome difficulties encountered in day to day practice, as well as to suggest complementary training.

KEY-WORDS: accompaniment, persons with autism, Supervisory psychologist, IDDEES program (Intervention, Development, Home, School, Business, Supervision).

INTRODUCTION

Cet article suggère une nouvelle perspective de métier encore méconnu du grand public, mais qui est appelé à se développer : la fonction de psychologue superviseur auprès d'accompagnants de personnes atteintes d'autisme. Afin de pouvoir déterminer avec exactitude son rôle et ses difficultés, l'approche ergonomique a été privilégiée via des analyses approfondies de l'activité, issues d'entretiens semi-dirigés, qui ont été menés auprès de onze psychologues superviseurs puis ensuite étudiés via une analyse de discours complétée par une analyse géométrique des données (une analyse en composantes principales standard). Cette approche, nécessitant la collaboration de deux disciplines telles que la psychopathologie et l'ergonomie, a déjà permis d'enrichir bon nombre d'études menées sur l'accompagnement de personnes avec autisme en vue de leur intégration scolaire ou professionnelle (voir par exemple : [23], [24], [25], [26]). Notons également que l'intervention ergonomique dans ce domaine n'est pas récente, car l'ergonomie s'intéresse depuis longtemps aux problèmes d'insertion des personnes avec handicap, tous handicaps confondus (voir par exemple,[19], [20], [23]). De plus, la modélisation des situations de travail est également un des champs d'investigation important de l'ergonomie, car les modèles élaborés fournissent, pour une situation de travail donnée, des représentations de comportements d'opérateurs [22]. Ainsi, cette nouvelle collaboration était ici tout à fait pertinente pour tenter de déterminer avec précision le rôle de cette nouvelle fonction de supervision.

La fonction de psychologue superviseur est apparue il y a seulement quelques années avec la mise en place du programme IDDEES (Intervention, Développement, Domicile, École, Entreprise, Supervision) et s'est progressivement développée avec la demande croissante de familles ayant en charge des enfants ou des jeunes adultes atteints d'autisme.

Avant d'aborder les résultats de l'étude ergonomique, les origines de la fonction de psychologue superviseur pour accompagnants de personnes avec autisme seront présentées ainsi que le rôle de l'accompagnant qui doit se référer à son « superviseur ».

Programme IDDEES (Intervention, Développement, Domicile, école, entreprise, supervision)

La prise en charge éducative des personnes avec autisme regroupe un ensemble de méthodes et de stratégies d'enseignement appliquées tant aux enfants qu'aux adolescents, mises en œuvre dans l'objectif de leur permettre un accès au savoir et à l'autonomie. Le programme IDDEES mis en place au début des années 2000 (voir : [5], [6], [7]) a pour objectif la mise en place de projets individuels d'intégration en milieu ordinaire (école ou entreprise) d'enfants et d'adultes atteints d'autisme. Il vise à la création et à la mise en œuvre de conditions d'une meilleure régulation des apprentissages cognitifs et sociaux de ces personnes ainsi qu'à la modificabilité de leur structure cognitive et émotionnelle en vue d'une intégration sociale appropriée ; les objectifs étant de permettre à la personne avec autisme de s'épanouir et de s'accomplir en favorisant ses réussites, en réduisant ses mises en échec et en encourageant l'établissement et le maintien de liens sociaux ([8], [9], [10], [11]). Le programme IDDEES est appliqué par les psychologues du cabinet ESPAS (Évaluation, Soutien, Programmes individuels, Accompagnement, Supervision) de Neuilly-sur-Seine (Hauts-de-Seine). Ce cabinet, regroupe 12 psychologues spécialisés dans l'évaluation et la prise en charge des personnes ayant des troubles du développement. Ce sont des psychologues dits « superviseurs ». Le psychologue superviseur est la personne responsable du programme individualisé de l'enfant (ou de l'adulte), de son élaboration et de son application par l'accompagnant.

Les psychologues superviseurs sont des psychologues diplômés qui possèdent des connaissances théoriques et pratiques concernant les troubles psychologiques (Autisme, Syndrome d'Asperger, Syndrome de Rett, etc.), les troubles des apprentissages, les troubles de la communication, et également des connaissances des pratiques psychologiques telles que les bilans, les entretiens psychologiques ainsi qu'une expérience quant à l'élaboration de projets. Une pratique de « l'accompagnement » d'un minimum de deux ans (dans l'idéal : un an avec un enfant et un an avec un adulte) et un stage auprès d'un des psychologues du cabinet ESPAS sont également requis. Un candidat à la supervision doit présenter sa lettre de motivation et un CV à tous les autres membres du cabinet et ne pourra intégrer celui-ci qu'après l'approbation de tous.

Le rôle du superviseur se décline suivant plusieurs axes, où il doit :

- réaliser tous les bilans psychologiques des enfants impliqués dans le programme,
- assurer la coordination du projet entre les différentes personnes impliquées (il se doit aussi de promouvoir le programme IDDEES auprès des écoles et des entreprises).

Par ailleurs :

- il est responsable du recrutement, de la formation et de l'encadrement des accompagnants,
- il a aussi un rôle important d'écoute et de soutien des parents.

D'un point de vue théorique, le programme IDDEES repose sur trois modèles de référence.

Le premier modèle est celui de la psychopathologie du développement qui fait référence au développement normal et pathologique de l'enfant. Ce modèle permet de prendre en compte les aspects évolutifs du syndrome autistique et de tenir compte des dysfonctionnements particuliers des enfants adultes [17].

Le second modèle est celui proposé par [1] ou [2] qui décrit les troubles de la régulation de l'activité cognitive et sociale chez les enfants autistes. En effet, ils ont des difficultés importantes dans les domaines des apprentissages et de compréhension. C'est sur ces aspects que sont basés les programmes d'intégration.

Le troisième modèle, quant à lui, se réfère aux principes éducatifs du programme TEACCH (Treatment and Education of Autistic and related Communications Handicapped Children - Traitement et éducation des enfants autistes ou souffrant de handicaps de communication apparentés ; [18]). Deux types de programmes d'intégration ont été créés dans le cadre du programme IDDEES : le programme « Job Coaching » et le programme « School Coaching ».

- Le « Job Coaching » est un programme d'insertion de personnes atteintes d'autisme en milieu professionnel, développé dans le cadre du programme européen « Educautisme » (Projet européen qui vise à promouvoir l'approche éducative). Il a pour but de préparer de jeunes adultes avec autisme à une insertion professionnelle dans un milieu de travail ordinaire. Il s'agit de mettre en œuvre des mesures d'accompagnement spécifiques destinées à guider la personne avec autisme dans l'accomplissement de gestes professionnels et dans la gestion des relations interpersonnelles au sein de l'entreprise ([6], [8], [9], [11]). Dans le cadre de ce projet, la personne avec autisme bénéficie de la présence quotidienne d'un « coach » (l'accompagnant) dans l'entreprise.
- Le « School Coaching » est un programme qui va dans la continuité du « Job Coaching ». Il a pour objectif d'intégrer de jeunes enfants atteints d'autisme en milieu scolaire en mettant en œuvre des mesures d'accompagnement destinées à guider l'enfant dans l'accomplissement des apprentissages scolaires et dans la gestion des relations interpersonnelles avec les autres enfants ([5], [7], [9], [10]). L'enfant est également accompagné tous les jours à l'école par un coach (un accompagnant aussi). Celui-ci a pour objectifs d'aider l'enfant à faire les apprentissages demandés par l'institutrice, d'adapter les consignes, et réguler ses comportements sociaux en l'aidant et en l'encourageant

à prendre des initiatives, à engager des interactions avec les autres enfants mais aussi en aidant les autres enfants à s'adapter à lui ([6], [7]). A noter que ces programmes sont en accord avec le rapport de mission parlementaire [3] et ceux de l'INSERM [14], [15] et tout à fait inscrits dans la nouvelle loi française d'orientation en faveur des personnes avec handicap (loi du 11 févier 2005).

Que ce soit dans le cadre du programme « Job Coaching » ou dans celui du programme « School Coaching », l'accompagnant est aussi présent aux côtés de la personne avec autisme à domicile (pour des séances de travail en rapport avec les activités scolaires ou professionnelles afin de les rendre plus automatiques) mais aussi dans le cadre de loisirs (cinéma, restaurant, organisation de week-end, etc.) car l'objectif de l'accompagnement est également d'améliorer leur qualité de vie ; objectif qui est pleinement atteint aujourd'hui au vu des derniers résultats ([10], [11]).

Un quatrième modèle de référence relatif à « la valorisation des rôles sociaux » et à « la qualité de la vie » [13], élaboré dans une perspective internationale, complète les trois modèles précédemment évoqués et vient renforcer le programme d'intégration IDDEES d'accompagnement. On doit également aux auteurs de ce modèle une nouvelle terminologie plus respectueuse, même si elle est moins aisée à manipuler, pour désigner « les personnes avec handicap » ou les « personnes en situation de handicap » [4]. Ainsi, dans cet article, on utilisera volontairement les termes « personnes avec autisme » ou « atteintes d'autisme » plutôt que celui d'« autistes ».

METHODE

Dans le cadre de cette étude, des entretiens semi-dirigés (fondés sur un guide d'entretien élaboré au préalable) ont été menés auprès de psychologues superviseurs dans l'objectif d'analyser cette fonction et les difficultés rencontrées. Ces corpus ont ensuite été analysés à l'aide d'une analyse discursive (Analyse Propositionnelle du Discours mise en œuvre par le logiciel Tropes ; [12]) puis d'une analyse géométrique des données (Analyse en Composantes Principales).

L'objectif des verbalisations est de provoquer des observables afin de tenter de mettre à jour l'implicite, le savoir-faire inconscient. Elles permettent de faire expliciter le vécu de l'action d'une personne, c'est-à-dire tout ce qui concerne les intentions de l'opérateur, les activités mentales qu'il effectue ou encore les actions qu'il envisage de faire. Cette méthode est particulièrement adaptée pour les tâches de diagnostic ou de résolution de problèmes, mais elles peuvent aussi concerner les analyses de Retours d'EXpérience (REX ; récit d'un vécu, du partage de l'expérience). Il s'agit de demander à l'opérateur de commenter ses actions lors de l'exécution de la tâche (soit simultanément à la tâche, soit consécutivement). Toutefois, pour pouvoir valider ces informations, plusieurs discours issus de différents opérateurs doivent être recueillis puis mis en relation afin de pouvoir dégager les convergences et divergences ([21]).

Sujets

Ces verbalisations ont été recueillies auprès de 11 des 12 psychologues superviseurs du cabinet ESPAS (l'un des psychologues n'étant pas disponible) lors d'entretiens individuels. Tous sont psychologues diplômés de l'Université Paris 5 et ont effectué leur mémoire de recherche sur l'autisme. Ils ont une expérience au sein du cabinet variant de quelques mois à huit ans (deux psychologues ayant intégré le cabinet depuis le mois de janvier dernier seulement). Les 6 psychologues qui ont débuté leur activité au sein du cabinet avant 2003 sont considérés comme « expérimentés » et les 5 autres psychologues, qui ont commencé après cette date seront considérés comme « débutants » (l'année 2003 étant un critère-repère adopté collectivement).

Les entretiens, d'une durée variant de 45mn à 1h15mn environ, se sont déroulés au cabinet des psychologues. Tous les entretiens ont été enregistrés sur bande magnétique puis retranscrits verbatim (avec l'autorisation des sujets auxquels l'anonymat a été garanti). Le recueil des verbalisations a été structuré suivant un guide d'entretien, abordé ci-après.

Guide d'entretien

Les thèmes abordés sont choisis en fonction des objectifs de la recherche. Ainsi des thèmes généraux, positifs ont été proposés avant d'aborder des thèmes plus critiques, plus difficiles à faire évoquer :

- Présentation du superviseur.
- Formation du superviseur.
- Organisation / Difficultés / Besoins.
- Supervision / Accompagnants / Recrutement.
- Supervision / Formation / Recrutement.

L'ensemble des corpus recueillis a été soumis à une analyse discursive.

Analyse discursive

Pour l'analyse de ces entretiens, le logiciel Tropes a été utilisé ([12]). Tropes est un logiciel d'analyse sémantique du discours qui s'appuie sur différents indicateurs langagiers (verbes, adverbes, adjectifs, etc.) pour déterminer d'une part le style du discours, et d'autre part les principaux univers sémantiques évoqués par les locuteurs. En ergonomie, il est utilisé régulièrement afin de mettre à jour convergences et divergences de points de vue pour les analyses du travail (pour une présentation détaillée de la méthode, voir [25]). Dans un premier temps, chaque entretien a été analysé afin de déterminer le style du discours de chacun des psychologues superviseurs. Ces discours sont tous de style argumentatif (le sujet s'engage, explique ou critique, et ne se contente pas d'une simple description de la situation), ce qui les rend comparables et analysables dans leur globalité. Ensuite, l'ensemble des corpus a fait l'objet d'une étude sémantique, et un « scénario » commun d'analyse a alors été créé. Un scénario est constitué d'un certain nombre de classes

sémantiques construites à partir « d'univers sémantiques communs » (de références communes). Le logiciel Tropes fournit automatiquement un scénario de base, qu'il faut la plupart du temps adapter en fonction du langage « opératif » utilisé (langage utilisé et compris par une même communauté professionnelle). Pour ce qui concerne cette étude, à partir des différents discours analysés, huit « univers sémantiques » dits principaux, car récurrents dans le discours, ont pu être mis à jour (ci-après est présenté l'ensemble de ces univers avec quelques exemples de références utilisées) :

- Recrutement (annonce, CV, candidat, entretien)
- Difficultés (besoins, manque d'adaptation, problèmes)
- Qualités requises (adaptation, curiosité, disponibilité)
- Relations avec Accompagnants (aide, base, compréhension, réunion)
- Relations avec Professionnels (CCPE, échanges, entreprise, psychomotricien)
- Cadre familial (frères, maison, maman, papa)
- Cadre Scolaire (classe, CP, lecture, enseignant)
- Supervision (coordination, gestion, médiation, réseau)

Par ailleurs, cinq autres univers dits « univers secondaires » ont été distingués. Ces univers représentent les thèmes qui renvoient à la fonction globale du superviseur, qui ont été évoqués dans les mêmes proportions par tous les sujets (ces univers sont par conséquent non discriminants). Ci-après est présenté l'ensemble de ces univers avec quelques exemples de références utilisées :

- Formation (connaissance, diplôme, théorie, université)
- Programme IDDEES (ESPAS, IDDEES, planning)
- Accompagnement (accompagnant, étudiant, stagiaire)
- Bilan Enfant (bilan, compte rendu, évaluation)
- Caractéristiques de l'autisme (apprentissage, évolution)

Le scénario constitué ainsi de ces 13 univers sémantiques a ensuite été appliqué à chacun des 11 entretiens. À partir des données fournies par Tropes, a été constitué un tableau à double entrée indiquant « le nombre de fois » où un sujet (les superviseurs sont représentés en lignes dans le tableau) a évoqué un thème sémantique (les univers principaux et secondaires sont représentés en colonnes dans le tableau) dans leur discours. Ces occurrences ont ensuite été rapportées au nombre d'occurrences total de chaque sujet afin d'obtenir un tableau de pourcentages permettant de traiter tous les discours à partir d'une même échelle, car aucun des entretiens, ni le temps passé à l'évocation des thèmes ne sont de durée équivalente. Ce tableau de pourcentages a ensuite fait l'objet d'une analyse géométrique des données : une Analyse en Composantes Principales standard (ACP).

Analyse en Composantes Principales standard (ACP)

L'objectif d'une ACP, appelée analyse des corrélations ou encore analyse géométrique des données, est de rechercher à partir de données multidimensionnelles des proximités et des différences entre groupements d'individus afin d'en faire ressortir des profils de comportements, voire de « multicompétences ». Le principe de l'ACP est de représenter les données sous forme de nuages de points dans des espaces géométriques et de fonder l'interprétation sur les proximités et les oppositions entre les points à partir d'axes factoriels qui résument ces informations (pour un exposé théorique, voir : [16] et pour des exemples d'application : [22]).

Pour les interprétations, deux types de variables seront analysés : les variables dites « actives » (les huit univers sémantiques principaux) qui vont participer à la construction de chacun des axes et les variables dites « supplémentaires » (les cinq univers sémantiques secondaires) qui ne participeront pas à la construction des axes mais qui donneront un complément d'informations.

Les interprétations se font également à partir de la matrice des corrélations entre toutes les variables.

RESULTATS

Nous retiendrons pour l'analyse des résultats trois axes factoriels qui représentent plus de 80% de la variance totale (pour un exposé détaillé de la méthode et des analyses des calculs, voir [22]).

Chacun de ces axes, représentant un rôle spécifique du superviseur, sera interprété ci-après avec l'analyse des nuages des variables. Le plan factoriel des axes 1 et 2 est illustré figure 1.

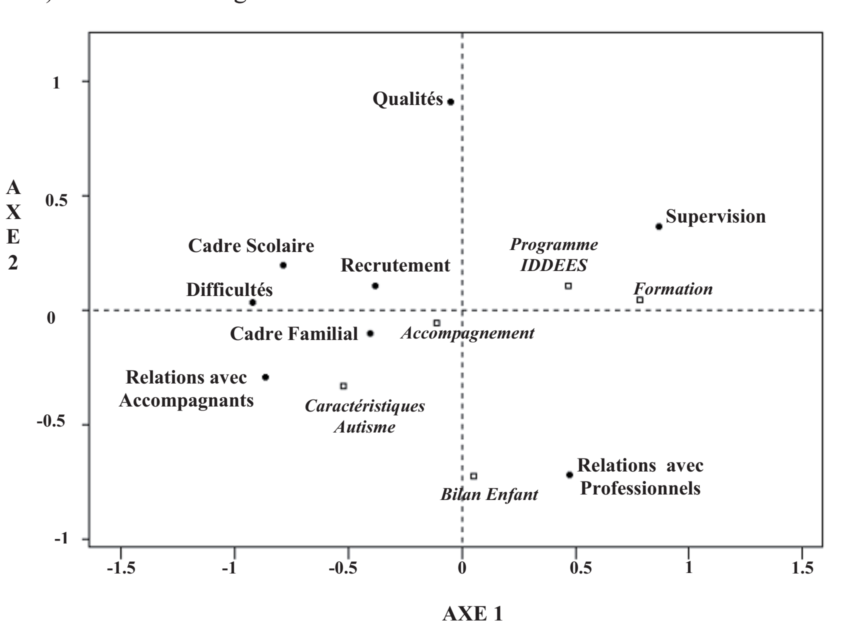


Figure 1 : Nuage des univers sémantiques (variables actives et supplémentaires ; plan 1-2)
Légende : Rond plein et caractères gras : variable active
Carré vide et caractères italiques : variable supplémentaire

L'axe 1 (horizontal - figure 1) représente essentiellement le rôle du superviseur du point de vue relationnel dans la

gestion des difficultés rencontrées avec les accompagnants des personnes avec autisme et le milieu scolaire.

Les trois variables « supervision », « formation » en forte corrélation positive ; r = +.72) et « programme » sont opposées aux variables actives « difficultés », « relations avec l'accompagnant », « cadre scolaire » et la variable supplémentaire « caractéristiques de l'autisme » (à gauche sur le graphique). La variable « difficultés » est la variable qui est la mieux représentée par l'axe 1 du fait de sa forte contribution à celui-ci. Dans leur discours, les superviseurs ont tendance à évoquer les difficultés qu'ils rencontrent auprès des différents intervenants impliqués dans l'intégration scolaire de l'enfant.

L'axe 2 (vertical – figure 1) représente les relations qu'entretient le psychologue superviseur avec tout autre professionnel qui entoure la personne avec autisme. Il ressort une opposition entre la variable active « qualités » (en haut sur le graphique) avec la variable active « relations avec les professionnels » (r = -.55) et la variable supplémentaire « Bilan Enfant » (r =-.62) - en bas sur le graphique -. Ceci tendrait à indiquer que les qualités requises pour exercer les fonctions de superviseur ne sont actuellement pas adaptées pour gérer les relations avec les divers professionnels qui interviennent régulièrement auprès de l'enfant avec autisme : médecins, psychologues, psychomotriciens, orthophonistes, etc…

L'axe 3 (non représenté sur la figure 1) représente le rôle du superviseur du point de vue du recrutement de l'accompagnant. Il oppose la variable active « recrutement » à « cadre familial » ainsi qu'à la variable supplémentaire « accompagnant ».

Pour ce qui est de l'analyse concernant le « nuage des individus » (les superviseurs débutants vs expérimentés), on peut constater que les superviseurs débutants semblent sont plus focalisés sur les relations avec les accompagnants, les difficultés rencontrées, le cadre scolaire, les caractéristiques de l'autisme. Ils sont également plus axés sur les procédures de recrutement que les expérimentés, qui ont de par leur expérience plus de facilité à "détecter" les jeunes potentiels pour cette fonction.

Ces analyses ont amené à un schéma représentatif des plus fortes corrélations entre variables.

MODÈLISATION DE LA FONCTION DE PSYCHOLOGUE SUPERVISEUR

Les principales tendances issues de l'ACP peuvent être résumées à l'aide d'un schéma visant à modéliser la situation de travail (voir figure 2 ci-après). Ce modèle fait ainsi ressortir la diversité de la fonction de psychologue superviseur ainsi que les difficultés rencontrées avec les différents acteurs impliqués dans le projet d'intégration et avec lesquels il doit constamment interagir. Il met également en exergue les inter-relations entre ces différents acteurs.

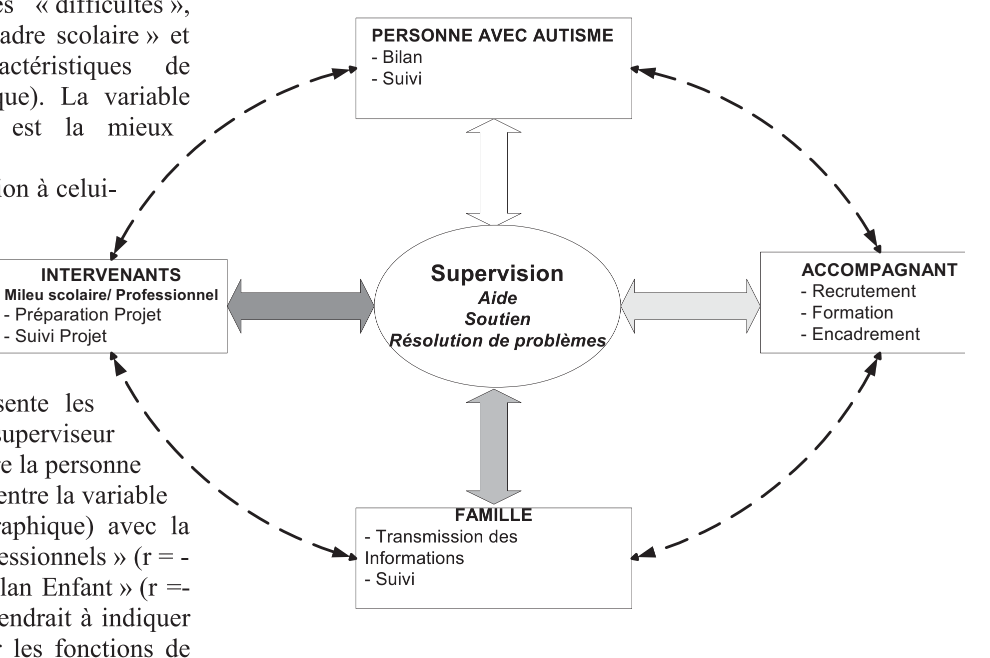


Figure 2 : Modèle de la fonction de « Psychologue superviseur »

Légende :

Fonction étudiée et rôle

Acteurs impliqués dans le projet d'intégration

Interactions du superviseur avec les différents acteurs impliqués : le remplissage de plus en plus foncé de la flèche indique la hiérarchie des difficultés (*remplissage clair* : inter-relations faciles à gérer ; *remplissage foncé* : inter-relations difficiles à gérer).

Inter-relations entre les différents acteurs.

Au centre du modèle, est indiquée la fonction générale du psychologue superviseur c'est-à-dire les fonctions qu'il exerce avec toutes les personnes avec lesquelles il interagit, ainsi que son rôle : aide, soutien, résolution de problèmes. En effet, le psychologue superviseur a un rôle de coordinateur du projet de l'enfant et gère constamment des relations (plus ou moins aisées) avec et entre tous les acteurs impliqués dans ce projet. Chaque acteur avec lequel le psychologue superviseur interagit est représenté dans un encadré où figurent également les fonctions spécifiques qu'il exerce auprès de cet acteur.

Les interactions superviseurs/acteurs impliqués dans le projet d'intégration IDDEES n'ont pas le même degré de difficulté et ont pu être hiérarchisées ; ainsi celles avec la personne avec autisme, et avec l'accompagnant sont plus aisées à gérer que celles inhérentes à la famille de la

personne avec autisme ou celles plus complexes encore impliquant les intervenants du milieu scolaire ou professionnel (école, entreprise, orthophoniste, etc…).

- Auprès de la personne avec autisme, le psychologue superviseur exerce essentiellement un rôle d'évaluation psychologique (élaboration régulière de bilans psychologiques), afin de pouvoir sans cesse ajuster la mise en place du projet d'intégration scolaire ou professionnelle. Il doit déterminer les compétences, les difficultés, les besoins de la personne avec autisme et assurer également un suivi régulier, afin d'être en mesure de pouvoir évaluer les progrès effectués, les absences de progrès ou bien les régressions. Le discours des superviseurs ne semble pas associer ces différentes tâches à des difficultés majeures.
- Avec les accompagnants, le psychologue superviseur assure un rôle très polyvalent. Il doit dans un premier temps s'occuper du recrutement (réception des CV, passation d'entretiens et propositions aux familles). Ensuite, il doit compléter la formation universitaire de l'accompagnant et également le former aux méthodes de prise en charge d'une personne atteinte d'autisme. Il est aussi présent pour l'aider à gérer non seulement son travail, mais aussi les différentes difficultés qu'il pourrait rencontrer avec la personne atteinte d'autisme et sa famille, le milieu scolaire ou encore les différents professionnels intervenant régulièrement dans la vie de la personne avec autisme. A ce niveau, la difficulté majeure éprouvée par les psychologues superviseurs (particulièrement les débutants) se situe au niveau du recrutement. En effet, le choix du recrutement (ou non) semble ensuite s'effectuer « de manière instinctive » à partir de critères de personnalité que chaque psychologue superviseur détermine à partir de sa propre expérience.
- A la famille de la personne avec autisme, le psychologue superviseur doit transmettre toutes les informations concernant leur enfant : résultats des bilans, progrès ou régressions à l'école (ou en milieu professionnel lorsqu'il s'agit d'un adulte). Il a aussi un rôle de soutien et de suivi auprès des parents, que ce soit au moment de l'annonce du diagnostic de l'autisme de leur enfant ou lorsqu'il doit leur faire part des difficultés rencontrées, de l'absence de progrès de l'enfant ou de l'adulte suivis. Certains psychologues superviseurs expriment leurs difficultés à faire face à la souffrance, à la détresse de ces parents d'enfants avec handicap, pour lesquels il n'est pas aisé d'admettre que la prise en charge éducative n'aura pas un effet instantané sur les progrès de leur enfant. Le psychologue doit alors les encourager à la patience et également leur indiquer que les progrès de l'enfant/adulte risquent de n'être appréciables qu'à assez long terme.
- Auprès de l'école, des entreprises ou autres structures professionnelles, le psychologue superviseur a plusieurs missions. En amont de la mise en place d'un projet d'intégration, le psychologue doit présenter le programme IDDEES aux directeurs d'écoles (ou d'entreprises) ainsi qu'aux instituteurs (ou salariés de l'entreprise). C'est à ce niveau que les psychologues superviseurs rencontrent le plus de difficultés, car leurs arguments sont encore trop souvent ignorés.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude du discours des psychologues superviseurs, renforcée par les résultats d'une analyse géométrique des données, a permis de mettre en évidence les multiples fonctions de ce métier et de concevoir un modèle visant à mettre en exergue non seulement le rôle complexe de cette profession, mais aussi les difficultés réelles d'interactions avec les différents acteurs intervenant dans le projet d'intégration de l'enfant ou de l'adulte atteint d'autisme. Cette étude prolonge ainsi celle menée précédemment [26]. Le psychologue superviseur, dont le rôle est d'aider, de soutenir, de résoudre les problèmes, a également besoin d'être soutenu dans son travail, et de pouvoir partager ses expériences avec d'autres collègues. Dans cet objectif, des groupes de discussion (des réunions dites d'"analyse de pratiques") ont été récemment constitués.

Cette étude a montré que les psychologues superviseurs (surtout les débutants) peuvent éprouver certaines difficultés au contact d'autres professionnels qui interviennent dans la mise en place du projet d'intégration d'un enfant ou d'un adulte atteint d'autisme [9], [10]. Beaucoup ont évoqué une formation sur « le tas » et avoir eu ainsi des difficultés en début de carrière. Il serait donc envisageable que les futurs candidats à la supervision puissent bénéficier d'une formation complémentaire pour apprendre, par exemple, quelques techniques liées au « management », à la gestion et à la direction de réunions, à la communication et à la promotion de projets. Il est en effet pas toujours très aisé pour les psychologues superviseurs de promouvoir un programme d'intégration encore méconnu du grand public, malgré la récente loi du 11 février 2005 en faveur de l'intégration des personnes présentant un handicap, et de devoir affronter des équipes éducatives ou professionnelles encore méfiantes.

Enfin, il a été également constaté que les psychologues superviseurs débutants tendent à mettre l'accent sur les « qualités requises » lors de la procédure de recrutement des accompagnants. De par leur manque d'expérience, ils semblent cependant éprouver des difficultés à déceler chez un candidat potentiel la présence de certaines qualités ou caractéristiques de personnalité jugées nécessaires pour l'exercice de la fonction d'accompagnant (comme par exemple : la créativité, l'imagination, la capacité à prendre du recul, l'adaptation aux situations ; [7], [8]).

Les psychologues superviseurs plus expérimentés ont appris, au fil du temps, à reconnaître ces qualités chez un candidat (certes, avec plus ou moins de certitude) à partir d'indices, de signes que ce dernier laisse entrevoir pendant l'entretien de recrutement. Il serait donc également envisageable pour aider le superviseur au recrutement, de constituer des grilles d'observations du comportement qui pourraient servir de supports au

superviseur lors de l'entretien avec le candidat. Les grilles d'observations, outils classiques de l'ergonome, pourraient être élaborées lors d'une prochaine collaboration ergonomie/psychopathologie. Serait également à proposer un système de passation d'échelles d'évaluation de la personnalité, de la motivation ou d'autres critères, en adaptant les outils déjà existant et classiquement utilisés en psychologie du travail.

En conclusion, le psychologue superviseur tient une place primordiale au sein du dispositif d'intégration en milieu ordinaire de l'enfant ou de l'adulte atteint d'autisme. Il est le coordinateur du programme IDDEES, le point central, de par ses interventions lors de réunions ou sur le terrain (écoles – entreprise – domicile).

Notre souhait est que cette étude puisse apporter une contribution à la valorisation d'un métier encore peu étendu à ce jour, mais qui devrait se développer dans les années à venir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adrien, J.-L. *Autisme du jeune enfant. Développement psychologique et régulation de l'activité*. ESF,Paris, 1996.
2. Adrien, J.-L. Vers un nouveau modèle de psychopathologie de l'autisme : la dysrégulation fonctionnelle et développementale, *Psychomédia, 3*, 2005, 37-41.
3. Chossy, J.-F. *La situation des personnes autistes en France : besoins et perspectives*. Rapport de mission auprès de la Secrétaire d'Etat aux personnes handicapées. Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées. Paris, 2001.
4. Fougeyrollas, P. Le processus de production du handicap : l'expérience québécoise. In R. de Riedmatten (Ed.), *une nouvelle approche de la différence. Comment penser la différence ?* Éditions Médecine et Hygiène, Genève, 2001, pp.101-123.
5. Gattegno, M.-P. Programme School Coaching : intégration scolaire de jeunes enfants atteints d'autisme. Expansion scientifique, *Entretiens d'Orthophonie*, 2003.
6. Gattegno, M. P. L'accompagnement professionnel des personnes atteintes d'autisme. *Rencontre internationale d'Equal*. Juin, Toulouse, 2003
7. Gattegno, M.P. Vers des nouvelles pratiques des psychologues auprès des personnes autistes. *PsychoMedia, 3*, 2005, 42-46.
8. Gattegno, M. P., & Rogé, B. Programme Job Coaching : préparation à l'emploi et aide à l'insertion professionnelle des jeunes adultes autistes. Les phases du programme après deux ans et demi d'existence. *Approche Neurologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E.), 2*, 2001, 30-32.
9. Gattegno M.P., Fernier A., Granier-Deferre C., & Adrien J.L. Étude des effets de l'accompagnement d'enfants autistes à l'école et à domicile sur leur développement psychologique et social (Programme IDDEES). *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'enfant (A.N.A.E.), 83-84*, 2005, 196-202.
10. Gattegno, M.P., Abenhaim, N., & Adrien, J.-L. Le programme IDDEES (Intervention Développement Domicile École Entreprise Supervision) pour personnes avec autisme : présentation, application et recherche. *Bulletin Scientifique de l'ARAPI (Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations), 18, 2006,* 10-13.
11. Gattegno, M.P., Martino-Bolpaire, C., & Adrien, J.-L. L'intégration professionnelle d'un adulte avec autisme par le programme IDDEES. *Bulletin Scientifique de l'ARAPI (Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations), 18, 2006,* 17-21.
12. Ghiglione, R., Landré, A., Bromberg, M., & Molette, P. *Analyse automatique des contenus*. Dunod, Paris, 1998.
13. Goode, D., Magerotte, G., & Leblanc, R. *La qualité de vie pour les personnes présentant un handicap, perspectives internationales.* De Boeck Université, Bruxelles, 2000.
14. INSERM, expertise collective. *Troubles mentaux : dépistage et prévention chez l'enfant et l'adolescent*. INSERM, Paris, 2002.
15. INSERM, expertise collective, *Psychothérapie, trois approches évaluées*. INSERM, Paris, 2004.
16. Le Roux, B., & Rouanet, H. *Geometric Data Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004.
17. Rogé, B. *Autisme, comprendre et agir : Santé, éducation et insertion*. Dunod, Paris, 2003.
18. Schopler, E., Reichler, R. J., & Lansing, M. *Stratégies éducatives de l'autisme*. Masson, Paris, 1998.
19. Sperandio, J.-C., & Oltra, R. Didacticiels pour la formation professionnelle de déficients mentaux travaillant en CAT. *Revue Sciences Humaines et Sociales : Handicap, 96,* 2002, 71-87.
20. Sperandio, J.-C., & Uzan, G. Ergonomie des aides techniques informatiques pour personnes handicapées. In Falzon, P. (Ed.), *Ergonomie*. PUF, Paris, 2004, pp. 479-496.
21. Vermersch, P. *L'entretien d'explicitation*. (4ème édition). ESF, Paris, 2003.

22. Wolff, M. Apports de l'analyse géométrique des données pour l'analyse de l'activité. In Sperandio, J.-C., Wolff, M. (Eds). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. PUF, Paris, 2003, pp. 195-227.

23. Wolff, M., & Sperandio, J.-C. L'intégration professionnelle des personnes avec handicap : conditions, environnement, travail. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E), 83-84*, 2005, 183-192.

24. Wolff, M., Gattegno, M.P., & Adrien, J.-L. Un modèle des accompagnants de personnes avec autisme : pour la valorisation de la profession. *Handicap : revue des sciences humaines et sociales, 105-106*, 2005a, 51-69.

25. Wolff, M., Gattegno, M.P., & Adrien, J.-L. Étude de la fonction d'accompagnant de personnes avec autisme par l'analyse d'entretiens semi-dirigés. *Revue Québécoise de psychologie. Les troubles envahissants du développement, 26-3, , 2005b,* 1-22.

26. Wolff, M., Gattegno, M.P., Adrien, J.L. L'accompagnement de personnes avec autisme : une fonction à valoriser. *Bulletin Scientifique de l'ARAPI (Association pour la Recherche sur l'Autisme et la Prévention des Inadaptations), 18,* 2006*,* 14-16.

Environnement intelligent d'assistance aux personnes dépendantes : investigation des usages pour la conception de services

Farah Arab[1,2], Stéphanie Perrot[1,2]

[1]Université Paris Descartes (Paris 5)
Unité d'Ergonomie – EA 4070
45 rue des Saints-Pères 75270 Paris cedex 06
Farah.Arab@it-sudparis.eu

Mounir Mokhtari[2]

[2]Télécom Sud Paris
Laboratoire Handicom
9 rue Charles Fourier 91011 Evry cedex
Mounir.Mokhtari@it-sudparis.eu

RESUME

Cet article présente les résultats d'une étude exploratoire des usages de services domestiques dédiés aux personnes âgées dépendantes. Elle s'appuie sur les points de vue des utilisateurs finaux et de leurs aidants (aides soignants, infirmières, etc.). Cette étude présente un double objectif. Le premier objectif est d'évaluer les (in)capacités des personnes dépendantes ainsi que leurs impacts sur les Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ). Le second objectif est d'étudier les contraintes de l'activité des soignants. L'idée étant de définir des services d'assistance pour les personnes âgées dépendantes. Basée sur des entretiens et des questionnaires, cette étude concerne 23 personnes âgées de 63 à 99 ans vivant à domicile et en institution, et 25 soignants travaillant à domicile ou en institution. Nous présenterons ici le contexte de cette étude, la méthodologie utilisée ainsi que les perspectives développées suite aux premiers résultats obtenus.

MOTS CLES : personnes âgées, analyse des besoins, AIVQ, assistance technologique, services.

ABSTRACT

This paper presents the results of an exploratory study of the use of domestics services dedicated to the dependent elderly persons. It relies on the opinions of the end users and their caregivers. This study presents two interests. The first one is to evaluate the (dis)abilities of the dependent persons and their impact on their Instrumental Activities of Daily Living (IADL). The second one is to study the activity constraints of their caregivers. The idea is to define the assistive services dedicated to the dependent elderly persons. Based on interviews and questionnaires, this study involves 23 persons from 63 to 99 living at home or in elderly home care units, and 25 caregivers working at home or in institution. We will present in this paper the context of this research, the used methodology and the prospects developed after the initial results.

KEYWORDS : Elderly people, needs analysis, IADL, technological assistance, services.

INTRODUCTION

La population française connait actuellement une forte croissance de la proportion des personnes âgées, qui se traduit par une augmentation des pathologies (neuro) dégénératives liées à l'âge [1] et une hausse des demandes de prise en charge, en institution et à domicile. Selon l'INSEE, la France comptait, au 1er janvier 2007, 10,3 millions de personnes âgées de 65 ans ou plus, soit 16,2 % de la population dont 644 000 (soit 6%) vivaient en institution en 2003 [2]. L'enquête INSEE HID 98 [2] recense par ailleurs 628 000 personnes, de 60 ans et plus, confinées au lit ou au fauteuil ou aidées pour la toilette et l'habillage. 217 000 d'entres elles résideraient en établissements pour personnes âgées (maisons de retraite et services de soins de longue durée des hôpitaux), 6 000 dans d'autres institutions et 405 000 à leur domicile ou celui d'un proche parent.

Afin d'éviter l'engorgement des structures de soins, les recherches actuelles visent à prolonger le maintien à domicile des personnes âgées grâce aux Nouvelles Technologies [4][5]. Notre étude s'inscrit dans le cadre du projet européen NUADU dont le but est de permettre aux personnes dépendantes de préserver leur autonomie et d'améliorer leur indépendance par l'intégration, dans leur environnement de vie (domicile, maison de retraite, institution, etc.), d'une assistance technologique.

Toutefois, si de nombreux auteurs [6][7] traitent des incapacités des personnes âgées dépendantes dans la réalisation des AVQ (s'habiller, manger, faire sa toilette, etc.) et de l'impact du vieillissement sur l'usage des objets techniques [8][9][10][11], très peu d'études portent sur la réalisation des AIVQ. Notre étude se propose d'apporter quelques informations sur ces aspects moins traités dans la littérature actuelle. Pour ce faire, nous avons évalué la capacité des personnes âgées de plus de 60 ans à utiliser et à gérer des équipements tels que le téléphone, les stores ou le chauffage, et analysé l'activité des aidants professionnels à domicile et en institution. Les données ont été collectées par questionnaires et entretiens, et ont

été analysées à l'aide des logiciels *Le Sphinx* et *Tropes*. Nous présenterons ici le contexte de cette étude, la méthodologie utilisée ainsi que les perspectives développées suite aux premiers résultats obtenus.

METHODOLOGIE

Notre étude a été menée au domicile de personnes âgées et en institution. Le premier objectif a été d'identifier les (in)capacités des personnes âgées de plus de 60 ans, vivant à domicile et en institution et de comprendre leurs difficultés pour la réalisation des AIVQ. Le second objectif a été d'évaluer les difficultés, les contraintes et les exigences de l'activité des aidants professionnels en institution et à domicile. L'observation des utilisateurs en situation écologique nous a permis de rendre compte de l'impact des déficits fonctionnels sur la réalisation des AIVQ et des contraintes relatives à l'activité de prise en charge de la dépendance.

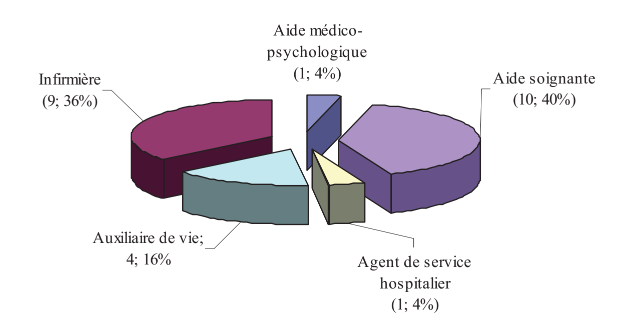
Participants

Personnes âgées de plus de 60 ans. Notre population d'étude regroupe des personnes autonomes et indépendantes vivant à domicile (certaines suivent des cours d'informatique par le biais d'associations), des personnes rencontrant des difficultés pour les AVQ mais résidant à domicile grâce à une prise en charge de services d'aides à domicile, ainsi que des personnes dont la perte d'autonomie et le niveau de dépendance requièrent le placement en maison de retraite ou foyer logement. Les personnes sollicitées ont été identifiées par le personnel médical parmi les volontaires. Au total, 23 personnes retraitées, âgées de 63 à 99 ans, avec une majorité de femmes (74% soit 17 personnes sur 23), ont participé à cette étude. (Graphique 1) Les personnes vivant à domicile étaient en moyenne plus jeunes que celles vivant en institution (maison de retraite, foyer logement, etc.): la moyenne d'âge des personnes était respectivement de 71 ans (Ecart-type = 7) et 90 ans (Ecart-type= 11).



Graphique 1: Répartition de la population d'étude selon l'âge et le sexe.

Aidants professionnels. Notre population d'étude, exclusivement féminine, regroupe 25 professionnels de santé et cinq corps de métiers: des aides médico-psychologique, des aides soignantes, des agents de services hospitaliers, des auxiliaires de vie et des infirmières. On note toutefois une majorité d'aides soignantes (10; 40%) et d'infirmières (9; 36%). (Graphique 2)



Graphique 2: Répartition des aidants professionnels par corps de métier.

Les professionnels de santé sollicités travaillaient soit en en institut (maison de retraite, centre gériatrique, établissement pour personnes âgées dépendantes – EHPAD) soit en services de soins à domicile. Leur groupe était très hétérogène; âgés de 22 à 60 ans, leur moyenne d'âge était de 42 ans (Ecart-type = 14). On note également que les soignants travaillant à domicile étaient en moyenne plus jeunes (Moyenne=37; Ecart-type= 15) que les soignants travaillant en institution (Moyenne= 48; Ecart-type= 11).

Méthodes de recueil de données

Treize personnes âgées autonomes vivant à domicile (6 hommes, 7 femmes) ont participé aux entretiens et 10 personnes dépendantes vivant en institution – foyer logement ou maison de retraite – (10 femmes) ont répondu aux questionnaires. Concernant les professionnels de santé, 10 personnes ont participé aux entretiens (5 à domicile et 5 en institution) et 15 personnes ont répondu aux questionnaires (3 à domicile et 12 en institution). On constate que la majorité des personnes travaillent en institution et ont été évaluées à l'aide des questionnaires (12, 48%).

Etude préliminaire. Une étude préliminaire, basée sur des entretiens exploratoires non dirigés et des observations, nous a permis de nous entretenir avec des personnes âgées et des soignants afin de recueillir d'une part, des informations sur leurs activités quotidiennes et leur utilisation actuelle des nouvelles technologies et d'autre part, de construire notre méthodologie de recherche (questionnaires, grille d'entretiens).

Questionnaires. L'objectif était de rendre compte des (in)capacités des personnes âgées de plus de 60 ans et d'évaluer leurs conséquences sur les AVQ afin de définir des services d'assistance. Concernant les professionnels de santé, il s'agissait de les faire verbaliser sur leurs tâches ainsi que sur les contraintes et les exigences de leurs activités: l'objectif était de connaître les informations échangées durant la réalisation de leur travail et les outils actuellement utilisés. La passation du questionnaire s'est faite en face à face à la manière d'un entretien.

Les réponses aux questions posées furent écrites par les investigateurs afin de rendre l'intervention plus naturelle et moins fatigante pour les personnes âgées qui ressentaient des difficultés pour lire, écrire ou se concentrer. Les questionnaires ont été réalisés puis analysés à l'aide du logiciel *Le Sphinx*.

Entretiens. Ils se sont déroulés au domicile des personnes ou au sein des locaux des associations proposant des cours d'informatique aux personnes âgées. L'objectif était de recueillir des informations sur les points de vue (connaissances, appréciations, attentes, etc.) des personnes âgées sur les nouvelles technologies actuelles et sur l'utilisation qu'ils en font. Concernant les professionnels de santé, les entretiens ont porté sur les outils de transmissions d'informations actuellement utilisés ainsi que sur l'informatisation des informations dans les services de soins. Les entretiens ont été enregistrés puis intégralement retranscrits Ad-Verbatim pour les besoins de l'analyse. L'analyse du contenu des entretiens repose sur l'Analyse Cognitivo Discursive (ACD) du discours, mise en œuvre à l'aide du logiciel Tropes. Ce dernier est un outil d'analyse du discours qui permet de reconstruire un réseau de liaisons sémantiques existant entre les différentes notions établies par l'interviewé [12].

PREMIERS RESULTATS

Les premiers résultats obtenus nous ont permis de comprendre, en lien avec leurs limitations fonctionnelles, les difficultés rencontrées par les personnes âgées lors de la réalisation des AVQ. Par ailleurs, ils nous ont permis d'avoir un aperçu de la diversité de la population et de l'homogénéité de ses besoins en termes d'assistance technologique.

(In)capacités fonctionnelles des personnes

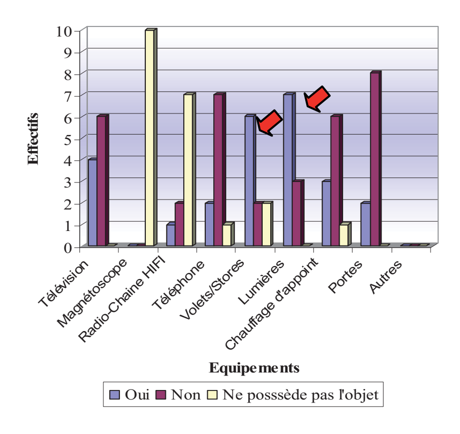
Les personnes âgées déclarent toutes rencontrer des difficultés liées à la réalisation de tâches à forte composante physique et ce, même en l'absence de toute pathologie. La station debout est la principale source de difficultés des personnes, suivi des tâches nécéssitant des manipulations d'objets ou des déplacements courts (à l'intérieur d'une pièce) et longs (d'une pièce à une autre). Neuf personnes sur 10 ont déclaré rencontrer des difficultés pour maintenir une station debout pendant plusieurs minutes successives et 8 personnes sur 10 ont déclaré avoir des difficultés pour se déplacer et manipuler des objets. Le découpage d'aliments et les transferts (entrée/sortie du lit) sont également des tâches qui sont source de difficultés.

La majorité des personnes âgées présentent une diminution de l'acuité visuelle liée à l'âge (toutes portent des lunettes): 7 personnes sur 10 déclarent avoir des difficultés pour lire les petits caractères (presbytie), 4 personnes présentent une myopie (la personne voit les objets plus flous avec leur éloignement) et 3 personnes présentent une hypermétropie (contraire de la myopie). Enfin, 4 personnes déclarent avoir des douleurs ophtalmiques et/ou des difficultés à distinguer les couleurs.

L'incapacité de suivre une conversation en face à face ou au téléphone concerne respectivement 7 et 4 personnes sur 10. Ces limitations auditives sont considérées par les personnes comme un véritable handicap qui nuit à leur qualité de vie et entraîne une incapacité à communiquer adéquatement. Les discussions entre amis sont considérés comme difficiles par trois personnes, de même que le fait d'entendre la sonnerie du téléphone, de la sonnette de la porte d'entrée ou l'arrivée d'une personne dans la pièce. Par ailleurs, on constate que la moitié des personnes âgées sollicitées rencontrent des difficultés pour se faire entendre et comprendre, soit parce que la portée de leur voix est trop faible soit à cause de difficultés d'articulation. La majorité des personnes âgées interrogées rencontrent également des difficultés pour se rappeler les activités ou les émissions TV de la veille (9 personnes sur 10) et élaborer un discours oral structuré pour expliquer leurs idées (8 personnes sur 10). Les activités de planification, telles que le suivi d'une recette de cuisine, posent des difficultés à 4 personnes.

Impact des restrictions fonctionnelles sur les AVQ

Le contrôle des lumières et des volets/stores sont les deux principales tâches qui nécessitent l'aide d'une tierce personne. En effet, la majorité des personnes âgées interrogées, respectivement 70% (7) et 60% (6), déclarent avoir des difficultés pour utiliser ces deux équipements.



Graphique 3: Types d'équipements nécessitant l'aide d'un tiers (aidant familial ou professionnel).

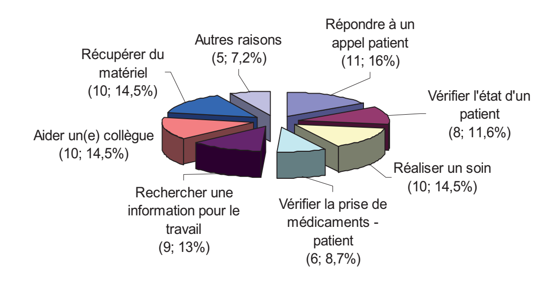
Au-delà de la mauvaise ergonomie de certaines interfaces (stores roulants non motorisés) qui nécessitent un effort, très souvent irréalisable, de la part des utilisateurs, ces difficultés proviennent essentiellement de l'incapacité des personnes à maintenir une station debout. Près de la moitié des personnes âgées (4; 40%) sollicite également de l'aide pour l'utilisation de la télévision (télécommande). La plupart de celles qui n'ont pas besoin d'assistance pour utiliser la télévision (4; 40%) sollicitent également leur entourage et profitent de l'occasion pour créer des moments de discussions (Graphique 3). Le

rappel de certaines tâches de la vie quotidienne est le principal besoin énoncé par les personnes âgées interrogées: la moitié d'entre elles (5) ressentent le besoin qu'on leur rappelle de s'hydrater et un tiers des personnes (3) déclarent avoir besoin qu'on leur rappelle leurs rendez-vous ou activités et les horaires des repas.

Contraintes et exigences liées à la prise en charge

La majorité des professionnels de santé interrogés (12; 82%) estiment que leurs déplacements quotidiens mobilisent beaucoup de temps. Près de la moitié des soignants (7; 47%) ne se déplacent que pour aller dans la chambre de patients.

La première cause des déplacements du personnel soignant est liée aux appels patients (11, 16%). Les professionnels n'ont aucun moyen de connaître l'objet des appels pour adapter la prise en charge des personnes. Les autres causes de déplacements (10, 14,5 %) concernent la réalisation d'un soin, l'assistance d'un collègue et la récupération de matériel. La catégorie "autres raisons" (5; 7,2%) regroupent la gestion des appels téléphoniques et de l'accueil ainsi que les interventions relatives aux chutes de patients ou l'accompagnement des médecins et des familles. (Graphique 4)



Graphique 4: Motifs des déplacements évoqués par les professionnels de santé.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de mettre en évidence l'utilité, pour les personnes âgées, de nombreux services tels que le rappel de tâches (boire de l'eau, prendre ses médicaments, etc.) et le contrôle d'environnement (lumières, stores/volets, etc.). Nous avons également pu nous rendre compte de la place importante de la télévision dans l'activité quotidienne des personnes âgées. Concernant les professionnels de santé, cette étude a permis de rendre compte des contraintes et des exigences de leurs activités liées notamment à l'importance des déplacements.

Sur la base de ces données, nous avons développé un système d'assistance dédié aux personnes âgées dépendantes (déficits cognitifs et moteurs) et utilisant la télévision comme canal d'interaction [13]. Basé sur un élément familier de l'environnement de vie de la personne âgée et facilement utilisable par une personne confinée au lit, ce système vise à améliorer l'indépendance de la personne, vis-à-vis de son entourage familial et professionnel, pour la réalisation de tâches de la vie quotidienne (répondre au téléphone, ouvrir/fermer les portes, etc.). Ce système offre à la personne la possibilité d'interagir avec différents utilisateurs (personnes dépendantes, personnels soignants, etc.) et de contrôler son environnement (ouverture/fermeture des stores, des portes, des lumières, etc.) au moyen d'une application de type assistant personnel ou télécommande. Il permet également, via l'affichage de messages sous la forme de pop-up, de rappeler à la personne l'approche d'un évènement (un rendez-vous, une prise de médicament, etc.) ou de l'informer de la modification d'un état (un appel téléphonique, une personne qui sonne à la porte, etc.).

Dans la perspective d'enrichir cette étude, des évaluations du système en cours de conception sont actuellement en cours de réalisation.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé à cette étude; celles qui nous ont reçus à leur domicile ainsi que les responsables des établissements qui nous ont accueillis.

BIBLIOGRAPHIE

1. Arab, F., Vallet, C., Kadouche, R., Mokhtari, M. (2007). Nouvelles technologies, personnes âgées et troubles cognitifs : une étude exploratoire des difficultés d'accessibilité à l'ordinateur. *42ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Saint-Malo, 5-6-7 Septembre 2007.

2. Richet-Mastain, L. (2007). Bilan démographique 2006 : un excédent naturel record. Division Enquetes et Etudes Demographiques, DREES, Insee, 118, 1-4.

3. Colin, C., Coutton, V. (2000). Le nombre de personnes âgées dépendantes : d'après l'enquête HID. Direction de la Recherche, des Etudes, de l'évaluation et des statistiques (DREES), *Etudes et Résultats*, n° 94, décembre 2000, pp. 1-8.

4. Le Borgne-Uguen, F. Pennec, S. (2000). L'adaptation de l'habitat chez des personnes de plus de 60 ans souffrant de maladies et /ou de handicaps et vivant à domicile. In Les Cahiers de Recherches de la MiRe. N° 10/11. pp. 7-10.

5. Hariz M., Ghorbel, M., Mokhtari, M. (2007). Service abstraction model for dynamic user interface presentation. The *5th International Conference on Smart homes and health Telematics (ICOST)*, 21-23 June 2007, Nara, Japan.

6. Cambois, E., Robine, J.M., Jagger, J. (2000). Difficulties in Daily Living Beyong Age 65 (ADL). In Robine, J.M., Jagger, C., Egidi, V. (éd), *User's Guide to Health Expectancies for the European Union: a Coherent set of Indicators*, Bruxelles, Communauté Européenne, 2000, pp. 25-43.
7. Cambois, E., Robine, J.M. (2003). Vieillissement et restrictions d'activité: l'enjeu de la compensation des problèmes fonctionnels. Division Enquetes et Etudes Demographiques, DREES, Insee, 261, 1-12.
8. Sperandio J.C., De La Garza C., Michel G., Specht M., Uzan G., Impact du vieillissement des personnes, handicapées ou non, sur l'utilisation d'objets techniques. Cahiers de Recherches MIRE, n° spécial : Évolutions technologiques et dynamiques des âges, n° 1, avril 98, 57-62
9. Sperandio J.C., De La Garza C., Michel G., Specht M. et Uzan G., Temps et contraintes temporelles, sensorielles et mnésiques chez les personnes vieillissantes utilisatrices d'objets techniques de la vie courante. *34ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Paris, 16-18 septembre 1998.
10. Bobillier Chaumon ME, Sandoz-Guermond F (2006). L'accessibilité des nouvelles technologies (E-services) : un enjeu pour l'intégration sociale des personnes handicapées. *41ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Caen, 11-13 septembre 2006.
11. Eve M., Smoreda Z. La perception de l'utilité des objets techniques : jeunes retraités, réseaux sociaux et adoption des technologies de communication. Revue Retraite & Société, n°33/2001, pp. 22-51, 2001.
12. Wolff, M., Gattegno, M.P., & Adrien, J.-L. (2005). Étude de la fonction d'accompagnant de personnes avec autisme par l'analyse d'entretiens semi-dirigés. *Revue québécoise de Psychologie, 26(3),* 1-22.
13. Arab, F., Ghorbel, M., Mokhtari, M. (2008). Conception et évaluation d'un système d'assistance supporté par la télévision. *43ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française,* Ajaccio 17-19 septembre 2008.

Prise en compte de l'utilisateur pour la conception d'un SIAD basé sur un processus d'ECD

Hela Ltifi (*) *Mounir Ben Ayed (*,**)* *Christophe Kolski (***)* *Adel M. Alimi (*)*

(*) REGIM : REsearch Group on Intelligent Machines, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Route Sokra Km 3.5 - BP W - 3038 Sfax, Tunisie
hela_ltifi@yahoo.fr
mounir.benayed@ieee.org
adel.alimi@ieee.org

(**) Faculté des Sciences de Sfax, Département d'Informatique et Communications Route Sokra Km 3.5 - BP 802 - 3018 Sfax, Tunisie

(***) LAMIH - UMR CNRS 8530, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Le Mont Houy, F-59313 Valenciennes cedex 9, France
Christophe.Kolski@univ-valenciennes.fr

RESUME
Cet article s'inscrit dans le cadre de la conception d'un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) basé sur un processus itératif et interactif d'extraction de connaissances à partir de données (ECD). Les connaissances extraites sont destinées à aider les utilisateurs à prendre leurs décisions. L'interactivité de ce système explique l'utilisation d'un modèle de développement enrichi sous l'angle des interactions homme-machine qui est le modèle en U. L'idée de cet article est l'adaptation de ce modèle aux spécificités des SIAD basé sur l'ECD.

MOTS CLES : Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD), Extraction de connaissances à partir de données (ECD), Interaction Homme-Machine (IHM), Modèle en U.

ABSTRACT
This article concerns the design of a Decision Support System (DSS) based on the iterative and interactive Knowledge Discovery from Data (KDD) process. Extracted knowledge is intended to help the users to make their decisions. The interactivity of this system explains the use of a development model enriched under the human-computer interaction point of view, which is the U-model. The idea of this article is the adaptation of this model to specificities of the DSS based on KDD.

KEYWORDS : Decision support system (DSS), Knwledge Discovey from Data (KDD), Human-Computer Interaction (HCI), the U-model.

INTRODUCTION
Cet article s'inscrit dans le cadre de nos recherches sur la conception centrée utilisateur de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) basé sur un processus d'Extraction de Connaissances à partir des Données (ECD). L'évolution de l'informatique, la nature et la complexité croissante des problèmes abordés font émerger de nouvelles réalités sociales, techniques et politiques. Dans ce contexte, les entreprises adoptent de plus en plus des solutions technologiques dans leur stratégie de décision. La prise de décision permet d'opérer un choix entre diverses alternatives possibles pour résoudre un problème en choisissant le meilleur compromis parmi eux. Le SIAD traite le problème en fonction de ses connaissances. Certaines de ces connaissances peuvent être extraites à l'aide d'un outil décisionnel qu'est la fouille de données (appelée aussi Data Mining) [8,10,14] qui peut être vu comme une étape d'un processus plus global qui est celui de l'ECD. Il faut donc interpréter cette information nouvelle, l'évaluer pour enfin la proposer comme élément valide d'aide à la décision.

Les SIAD consistent à aider les décideurs tout au long de ce processus, en particulier au moment du choix des études à effectuer ou des outils à utiliser. La coopération Homme-Machine est primordiale dans l'aide à la décision. Elle concerne l'assistance du décideur humain et donc la possibilité de partager les tâches entre humain et machine. Sous cet angle, l'interaction homme-machine est un aspect crucial au niveau des systèmes interactifs d'aide à la décision, sa conception devant nécessairement s'appuyer sur une démarche centrée utilisateur. L'évaluation des IHM permet de valider la qualité de cette modélisation ou d'énoncer les problèmes rencontrés sous l'angle particulièrement de l'utilité et de l'utilisabilité des systèmes [16,20]. Dans ce cadre, on se rend compte qu'il s'agit de concilier et d'intégrer des méthodes provenant de l'IHM dans un but de modélisation fine d'un SIAD. Il existe à ce sujet plusieurs modèles enrichis sous l'angle des IHM tels que le modèle en étoile de Hartson et Hix, le modèle nabla proposé par Kolski ou le modèle en U proposé par Abed et Millot (de tels modèles sont décrits dans [12]). Dans cet article, l'idée est d'adopter le modèle en U comme démarche de conception et de l'adapter dans les systèmes exploitant un processus d'ECD.

Notre article débute par un bref état de l'art présentant deux concepts fondamentaux que sont les SIAD et l'ECD, et ceci afin de préciser la vision que nous en avons. Par la suite nous présentons le modèle en U. La troisième partie vise à proposer notre approche supportant la conception et le développement des SIAD basés sur un processus d'ECD.

SYSTEMES INTERACTIFS D'AIDE A LA DECISION BASE SUR PROCESSUS D'ECD

Les systèmes décisionnels orientés utilisateurs se situent à la confluence de trois domaines que sont l'aide à la décision, l'Extraction de Connaissances dans les Données (ECD) et l'Interaction Homme Machine (IHM).

Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision

Nous voyons les SIAD comme des systèmes qui, à travers un dialogue homme-machine, permettent l'identification, l'exploration et la résolution de problèmes par un utilisateur (décideur) et/ou groupe d'utilisateurs (décideurs). La communication entre les différents acteurs humains d'un système d'aide à la décision (décideurs, consultants, experts, etc.) s'avère primordiale [22]. L'interactivité d'un SIAD traduit le rôle indispensable de l'homme dans son fonctionnement que sous-tend le terme "Aide à la Décision", la qualité de l'intégration des différents composants du système, ainsi que la nature de l'IHM jouant "le rôle de collaborateur" avec le décideur [9,15]. Un SIAD se déroule selon un processus composé de trois phases [11,15,21,22] : (1) la recherche d'information : l'identification du problème à résoudre nécessite de rechercher les informations pertinentes en fonction des besoins du décideur ; cette phase se termine par un énoncé du problème à traiter ; (2) la conception comprenant la génération, le développement et l'analyse des différentes suites possibles de solutions ; (3) lors de la phase de choix, le décideur choisit entre les différentes solutions identifiées pendant la phase précédente. Cette phase inclut la recherche, l'évaluation et la recommandation d'une solution appropriée.

L'extraction de connaissances à partir de données

Dans le domaine des SIAD, l'utilisation des outils pour extraire des connaissances améliore la pertinence des solutions proposées pour une bonne prise de décision [8,10,19]. Parmi ces outils décisionnels, on s'intéresse particulièrement à l'Extraction de Connaissances à partir de Données [8,10]. Le but de l'ECD est de pouvoir extraire un élément : la connaissance. Pour le définir, on peut dire aussi que l'on vise "Extraction des connaissances nouvelles, utiles, valides à partir d'une masse de données" [8]. L'ECD est un processus interactif et itératif qui se déroule suivant une suite d'étapes, les résultats peuvent ainsi être affinés en répétant plusieurs fois ces étapes sous le contrôle d'un analyste (figure 1).

Les différentes étapes du processus d'ECD sont les suivantes [14] : (1) poser le problème en cernant les objectifs, définissant les cibles et vérifiant les besoins ; (2) recherche des données (identifier les informations et les sources, vérifier leur qualité ainsi que leur facilité d'accès) ; (3) sélection des données ayant un rapport avec l'analyse demandée dans la base ; (4) nettoyage des données en vue de corriger les inexactitudes ou erreurs de données ; (5) transformation des données dans un format qui les prépare au Mining (transformer dates en durées, ratios, etc.) ; (6) fouille de données ou data mining (DM), application d'une ou plusieurs techniques (réseaux de neurones, réseaux bayésiens, arbre de décision, etc.) pour extraire des patterns intéressants ; (7) évaluation du résultat permettant d'estimer la qualité du modèle découvert ; (8) intégration de la connaissance en implantant le modèle ou ses résultats dans le système informatique de l'entreprise.

Système Interactif d'Aide à la Décision basé sur un processus d'ECD

Un SIAD basé sur l'ECD, sujet de cet article, est un système qui permet de détecter les stratégies de résolution d'un problème de décision par le biais d'un processus de fouille de données. Dans ce processus, l'analyse des besoins des décideurs, les différentes activités réalisées en rapport avec la préparation et la manipulation des données pertinentes, de même que la visualisation des résultats constituent des étapes très importantes. C'est sur de telles étapes que repose l'acceptation ou le refus par l'utilisateur final de l'outil d'aide à la décision visé [14]. Les interactions homme-machine au niveau de ce système devraient permettre de guider les utilisateurs tout au long des étapes d'ECD ; il est important aussi d'adapter au mieux l'IHM à chaque classe de décideur et/ou à chaque décideur [13].

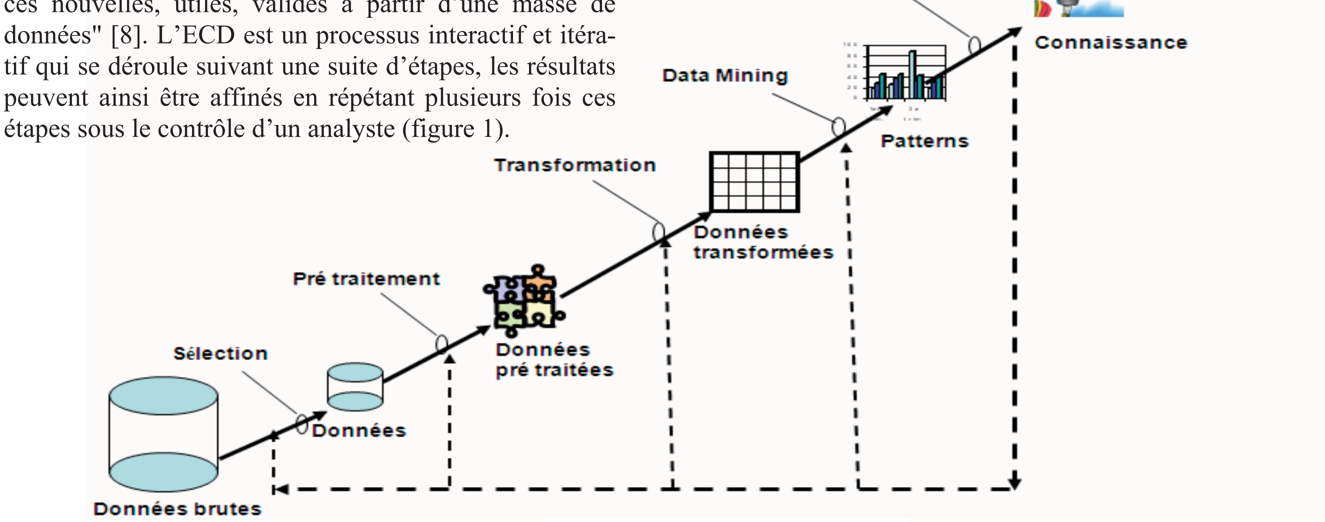


Figure 1 : **Le processus d'ECD**

Nous proposons le schéma ci-dessous présentant le déroulement du processus d'un SIAD basé sur un processus d'ECD, ou encore SIAD basé DM:

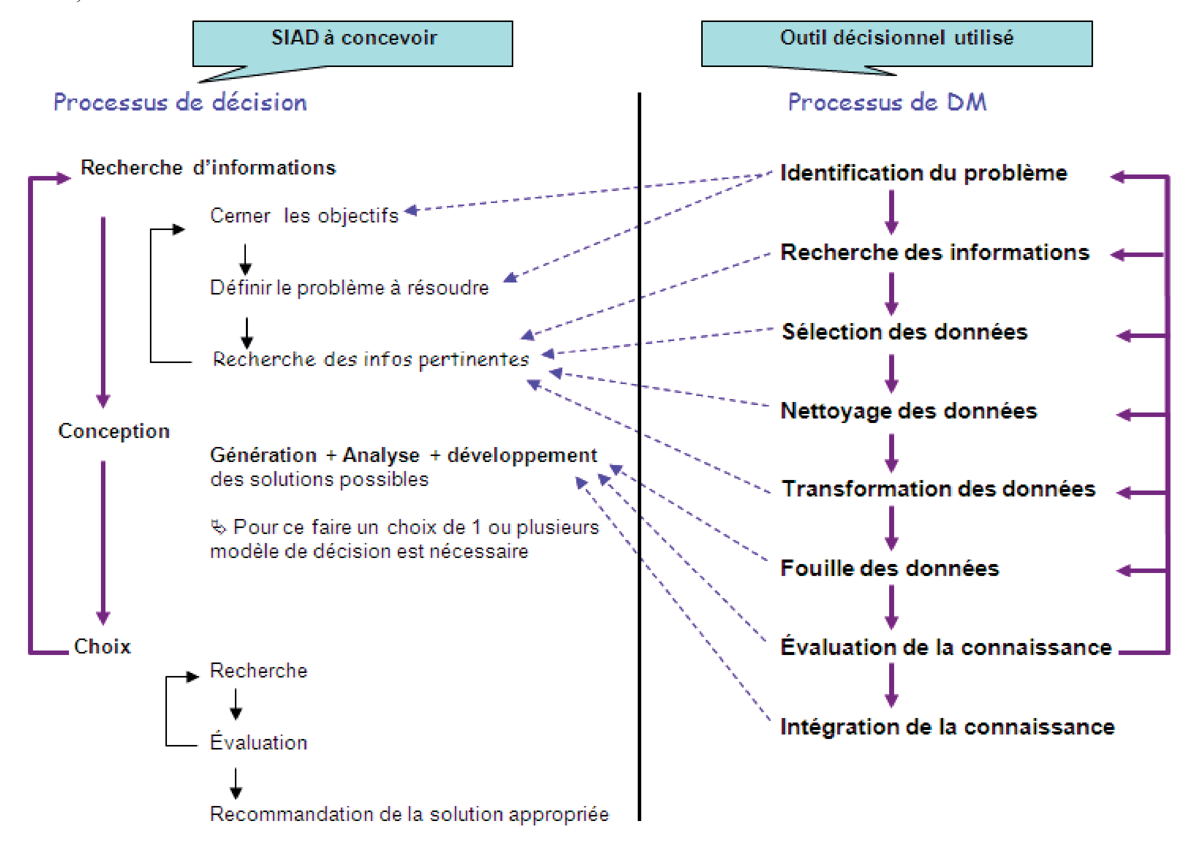


Figure 2 : processus d'un SIAD basé DM

La figure 2 montre l'utilisation des étapes de processus d'ECD pour l'aide à la prise de décision. En effet, l'identification du problème, du processus d'ECD, permet de cerner les objectifs et définir les différents objectifs principaux du futur système. Les étapes de prétraitements consistent à construire des corpus de données spécifiques ainsi qu'à faire le nettoyage des données, le traitement des données manquantes, la sélection d'attributs ou la sélection d'instances puis la transformation de ces données. Ces étapes sont cruciales pour la recherche des informations pertinentes du processus de prise de décision [22]. La fouille de données peut alors être opérée pour aboutir à des connaissances mises sous la forme de modèles qui doivent être validés. Des post-traitements sont nécessaires pour rendre ces modèles intelligibles soit par un humain soit par une machine [22]. D'où la génération, l'analyse et le développement des solutions possibles au problème posé, basées sur les connaissances découvertes par le processus d'ECD. Dans le cadre de cet article, on s'intéresse à la modélisation des SIAD mentionnés ci-dessus. C'est l'objet de la prochaine section.

LE MODELE EN U POUR LA CONCEPTION DES SIAD BASE SUR LE PROCESSUS D'ECD

Nous avons choisi le modèle dit en U [1, 2, 3, 16, 17] dans la mesure où il permet de placer des étapes qui ont semblé être fondamentales en ce qui concerne la conception et l'évaluation de systèmes interactifs. C'est un modèle qui peut être adapté selon les caractéristiques de l'application et qui a déjà montré son applicabilité dans différents domaines complexes (contrôle aérien, secteur chimique, secteur ferroviaire…) [13].
Ce modèle en U situe les étapes qui n'existent pas dans les modèles classiques du génie logiciel, qui demeurent très généraux et dans lesquels les facteurs humains doivent être pris en compte par l'équipe de développement. Le modèle est structuré selon : (i) une phase descendante comprenant la modélisation du système homme-machine et qui mène à son implémentation ; (ii) une phase ascendante focalisée sur l'évaluation du système global, selon des critères d'efficacité de système et également des critères centrés sur l'être humain.

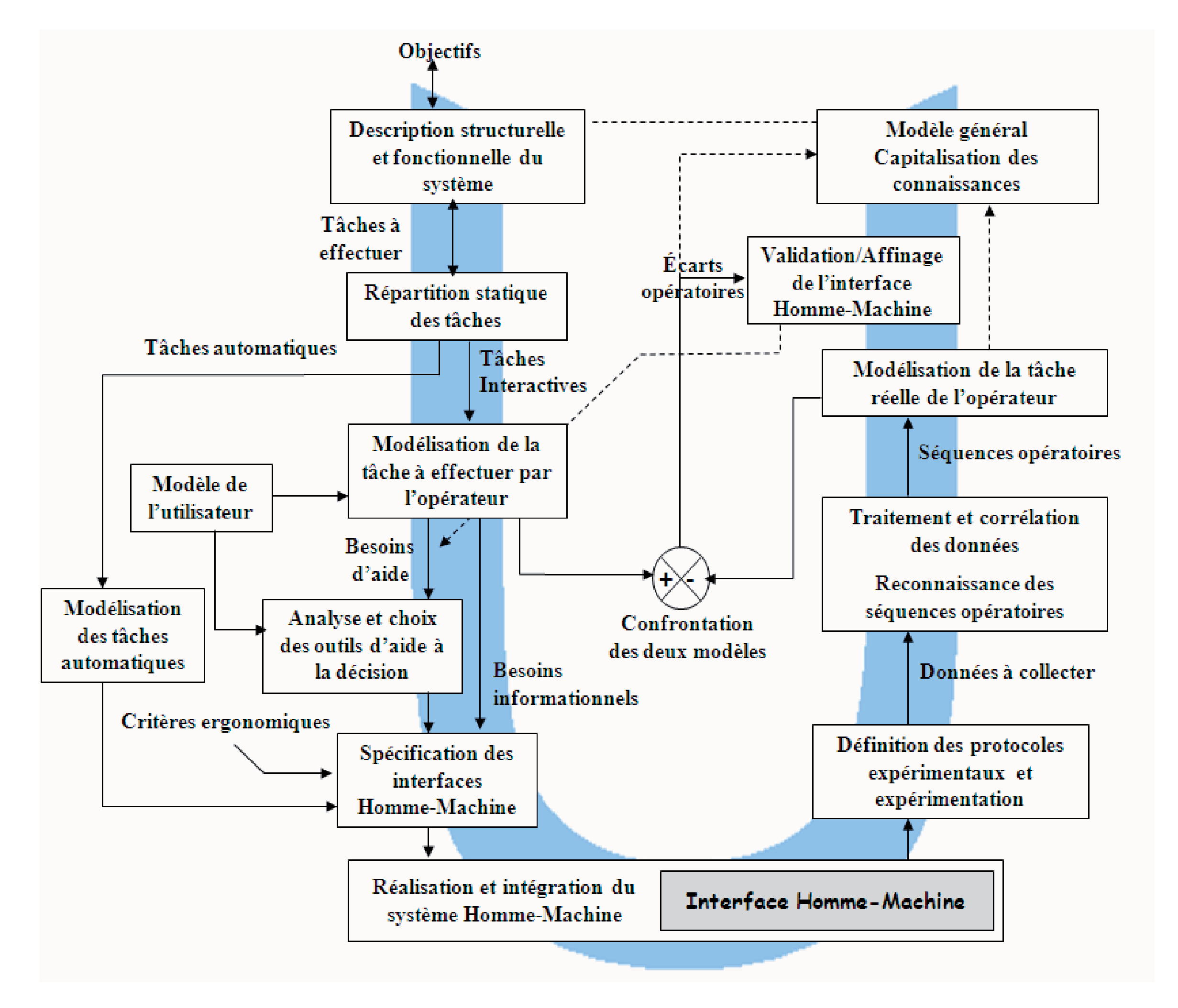


Figure 3 : Le modèle en U [2]

Par manque de place, il ne sera pas possible de décrire le modèle en U ici. Pour plus de détails, il a été décrit en profondeur dans différents documents tels [1,3,16,17].

APPROCHE PROPOSEE

Adaptation du modèle en U

Le modèle en U tel qu'il est présenté précédemment (figure 3), se décompose en plusieurs étapes qui montrent clairement l'intégration de l'IHM dans le processus de développement du système. Néanmoins, ce modèle possède des points possibles d'adaptation pour le contexte qui nous intéresse. Ainsi, lors de l'étude de l'existant, il est souvent pertinent que le décideur, utilisateur potentiel, puisse décrire ses besoins fonctionnels et évaluer et valider des premières maquettes d'interfaces en vue de montrer la manière dont il veut voir les IHMs de la future application. Toutes ces informations peuvent être utilisées pour "modéliser" le décideur (caractéristiques, préférences, stratégies…) [18]. De plus, pour les SIAD à base d'ECD, la définition et la répartition des tâches est très importante et doit être bien mise en avant. En outre, le modèle initial ne présente pas clairement l'ordre des activités de conception (capture des besoins, analyse, conception, …). Les étapes de modèle en U s'intéressent le plus souvent à la spécification et l'évaluation des IHM tout en parlant peu du côté applicatif du système interactif en question, alors que cet aspect est important pour les SIAD à base de l'ECD. Nous pensons aussi que l'étape "Modèle général, capitalisation des connaissances" peut être simplifiée par un bouclage sur l'étape de modélisation de l'utilisateur. En conséquence, le modèle en U adapté que nous proposons pour la conception et la réalisation de SIAD découlant d'un processus d'ECD est visible en figure 4. Sa description globale est la suivante.

Phase descendante du modèle en U : le début de la phase descendante commence par deux étapes essentielles qui ont lieu simultanément et qui marquent le commencement du projet : (1) l'analyse du domaine d'application permet le plus souvent une première description fonctionnelle et structurelle de celui-ci ; (2) le plus précocement possible dans le projet, l'élaboration de premiers prototypes (maquettes) d'interfaces du SIAD visé permettent d'impliquer le plus rapidement possible les futurs utilisa-

teurs en leur donnant un aperçu de solutions possibles (ou alternatives de solutions). Ces deux étapes sont prévues pour fournir un cadre structurant, en ce qui concerne les futures activités aussi bien que les solutions techniques. A l'issue de ces deux étapes, on obtient une définition d'un modèle de processus de travail (rejoignant ce que nous avons précisé en figure 2). Ce qui permet de cerner la liste de tâches à effectuer pour le fonctionnement du futur SIAD à réaliser, que ces tâches soient manuelles, automatiques ou interactives (cf. plus loin). Elles peuvent correspondre à des besoins fonctionnels et non fonctionnels : par exemple la nécessité de facilité d'utilisation du SIAD visé correspond à un besoin non-fonctionnel incontournable ; de même la confidentialité des données relatives aux patients est très importante dans le domaine de la santé. Le travail précédent peut être cyclique, comme le suggèrent les flèches sur le modèle en U. Les tâches prescrites suite à l'exécution des étapes précédentes, doivent être modélisées [2].

Dans cet article, nous adoptons UML (Unified Modeling Language) [6] pour la modélisation de notre système ; ainsi pour définir les tâches du système à l'aide d'UML, nous utilisons d'abord les diagrammes de cas d'utilisation avec leur description détaillée. Après une définition des cas d'utilisation, il faut procéder à l'analyse et la conception centrées tâches du SIAD aussi bien pour la partie IHM que pour les outils d'aide basés sur le data mining. Chaque tâche dans le système interactif a un degré d'interactivité. Trois catégories principales de tâches peuvent être identifiées (ces catégories sont classiques en GL et IHM depuis les années 80) : (1) les tâches dans lesquelles seul l'utilisateur est impliqué, appelées tâches manuelles, (2) les tâches dans lesquelles seul l'aspect applicatif est représenté, appelées tâches système ou tâches automatiques, (3) les tâches impliquant des changements de degrés de collaboration entre l'utilisateur et le système, appelées tâches interactives. Les diagrammes de collaboration et de séquence d'UML permettent de spécifier et concevoir l'interface pour chaque tâche (tout en associant ces modèles à des représentations de plus en plus précises en termes de pages-écrans). Pour ce faire, il s'agit de se référer aux comportements probables des différents types d'utilisateur comme base : il prend la forme d'un modèle de l'utilisateur au sens large (ou « modèle utilisateur ») en termes de limites et ressources physiques et cognitives pour les différents types d'utilisateurs concernés [18] ; certaines connaissances sur les utilisateurs sont générales et proviennent de la littérature, d'autres sont spécifiques et proviennent du terrain (interviews, observations…).

En se référant à la figure 2 et selon les spécificités du domaine, il s'agit d'analyser les différents outils d'aide à la décision en vue de définir ceux les plus adaptés au contexte du système à réaliser. La dernière étape de la phase descendante du modèle en U conduit à l'implémentation du SIAD complet ou de son prototypage. Cette étape d'implémentation transforme les caractéristiques d'interface concrètes (définis dans les diagrammes de séquences associés à d'éventuelles maquettes plus ou moins évoluées) en représentation qui peut être implémentée directement par une boîte à outils graphiques ou par un générateur d'interface homme-machine. Côté UML, des diagrammes de déploiement et de composants sont élaborés en vue de montrer l'évolution du système de la conception vers sa réalisation.

Phase ascendante du modèle en U : l'évaluation d'un système homme-machine consiste à tester si l'utilisateur (de manière générale rappelons-le, car on peut avoir un ensemble de types d'utilisateur) peut accomplir sa tâche en utilisant l'interface fournie. Deux propriétés sont habituellement explorées pour de telles évaluations : l'utilité et l'utilisabilité, elles-mêmes décomposées en un ensemble de critères bien connus en IHM [4,20]. Il existe un grand nombre de méthodes utilisables pour la mise en œuvre des évaluations [5,7,20,23] : observations, interviews, mouchard électronique, analyse des traces, oculométrie, questionnaires, etc. Dans cette phase d'évaluation, nous nous concentrons généralement sur l'exécution des tâches en lien avec les éléments visibles en figure 2 : (1) d'une part selon le comportement de l'utilisateur pendant l'interaction avec le système (difficultés rencontrées, temps requis pour accomplir une tâche, exactitude du résultat, nombre et type d'erreurs, opinion, etc.), (2) et d'autre part, selon le système en termes de différences entre les objectifs et résultats obtenus. Cette phase ascendante commence par la définition rigoureuse des protocoles expérimentaux (sujets, déroulement, situations et tâches concernées, IHM et aides impliquées, données à collecter…) [3]. Une fois collectées, les données sont traitées en fonction des principes opérationnels dégagés de l'étape précédente. Il s'agit de mettre en corrélation les données avec l'activité humaine qui a été observée, et ceci pour l'ensemble du processus décisionnel mis en évidence en figure 2. Des séquences opératoires sont ainsi mises en évidence. Ce travail permet de reconstituer (modéliser) progressivement les activités réelles (appelées aussi tâches réelles). L'expérience montre que ces tâches réelles peuvent être sensiblement éloignées des tâches prescrites, prévues initialement dans la phase descendante. Un principe fondamental du modèle en U est justement la confrontation entre les tâches réelles et les tâches prescrites. Le résultat de la confrontation conduit, soit à valider le système complet (IHM et aides), soit à révéler ses imperfections pour l'améliorer progressivement. Des retours vers différentes étapes de la démarche descendante sont donc nécessaires, selon l'ampleur des améliorations à apporter au système.

L'approche de conception du processus d'ECD doit être adaptée dès le début d'un projet afin de satisfaire les besoins des décideurs.

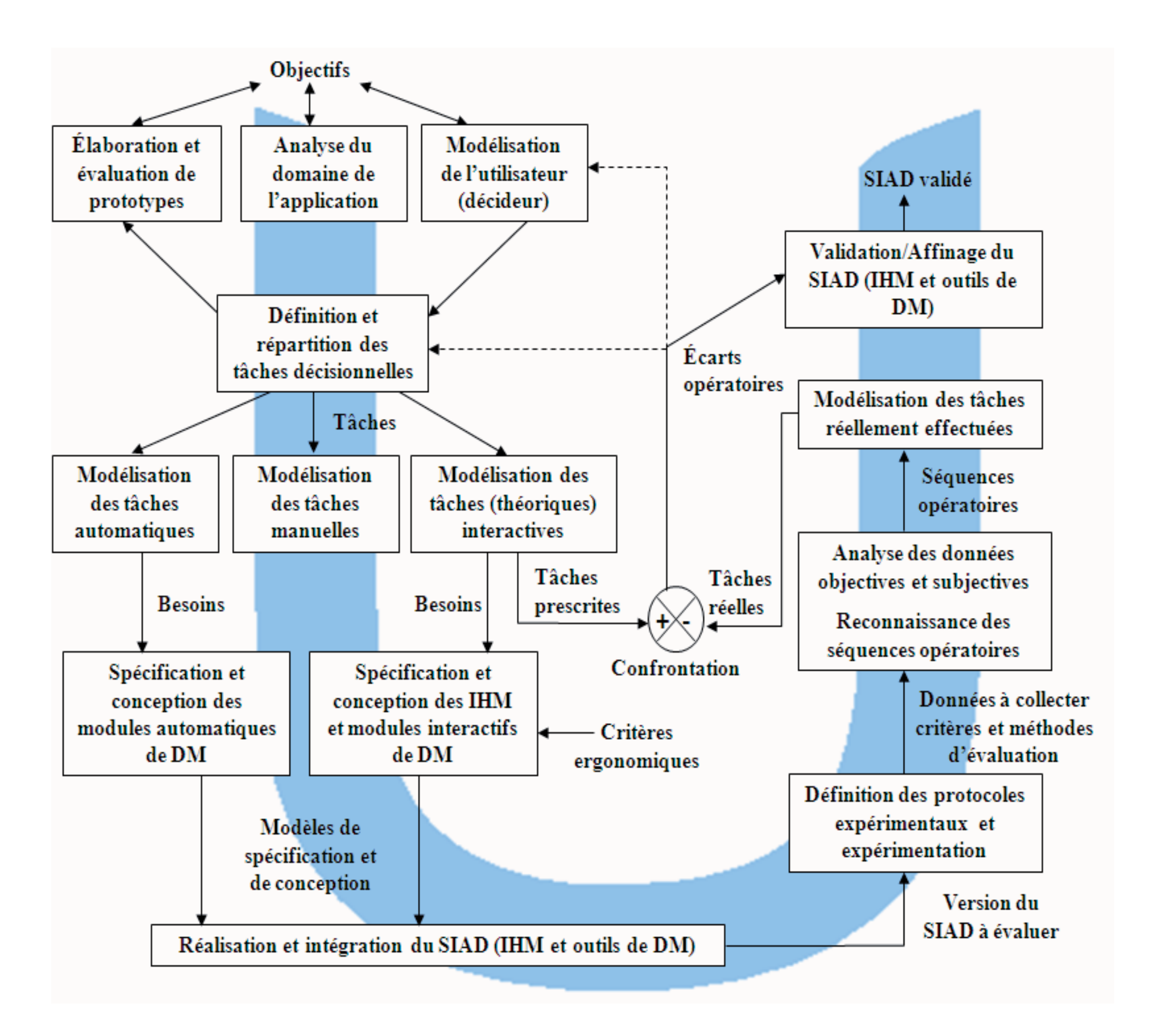


Figure 4 : modèle en U adapté

En s'inspirant du travail de [13], nous proposons des similitudes méthodologiques entre le domaine de l'interaction homme-machine et celui de l'extraction de connaissances (figure 5) :

(a) Les objectifs principaux du processus d'ECD sont ceux du futur système interactif à concevoir. En effet, il s'agit de préciser l'ensemble des problèmes que l'outil de fouille de données vise à répondre c'est-à-dire ce qu'il doit faire : spécification des exigences du système interactif à concevoir.

(b) Tout en observant le système existant, il est important d'interagir avec l'utilisateur potentiel et de détailler les tâches à réaliser. Mais ceci n'est efficace que si l'on dispose des données nécessaires.
La définition des tâches décisionnelles à concevoir permet de se référer aux données pertinentes au cœur du processus de prise de décision, et ceci en accord avec les objectifs que l'on s'impose. Cette étape de recherche est très importante et doit être effectuée d'une manière très rigoureuse car le choix des données influe sur les résultats qui seront découverts dans les étapes suivantes. Ces données recherchées sont à sélectionner, nettoyer et transformer.

(c) Une fois les données bien préparées, elles peuvent être fouillées pour extraire des connaissances. Une ou plusieurs techniques peuvent être utilisées permettant d'extraire les éléments pertinents et de construire le modèle initial (un réseau de neurones, un arbre de décision, etc.). L'étude de cette tâche est très importante pour le concepteur du système décisionnel. Une telle activité peut se réaliser au niveau de l'étape de modélisation de la tâche afin de délivrer un modèle de la tâche prescrite. Les résultats extraits peuvent aider à spécifier les modules du système à concevoir

(d) La connaissance extraite et évaluée, doit être intégrée dans les modules du SIAD à spécifier et à concevoir. La présentation de cette connaissance doit répondre aux critères ergonomiques afin d'assurer la meilleure interaction possible entre le décideur et la machine [3].

Il faut signaler que le suivi des étapes du modèle en U et de celles du processus d'ECD se fait parallèlement.

Figure 5: Le modèle en U adapté au processus d'ECD

CONCLUSION

Cet article est le résultat d'un travail permettant de proposer une approche de conception d'un système interactif d'aide à la décision. Depuis plusieurs dizaines d'années, une importante masse d'informations est stockée sous forme informatique dans les entreprises. Les systèmes d'information sont destinés à garder la trace d'événements de manière fiable et intègre. Ils automatisent de plus en plus les processus opérationnels, particulièrement, d'aide à la décision. Pour ce faire, l'extraction de connaissances à partir de données (ECD) est utilisée comme outil décisionnel permettant de découvrir, à partir de bases de données, des connaissances auparavant inconnues et potentiellement utiles pour la prise de décision. Un SIAD basé sur l'ECD est hautement interactif. En effet, comme la prise de décision implique l'acteur humain, qu'est le décideur, le processus d'ECD nécessite de sa part une interactivité Homme-Machine pour se réaliser. Une modélisation d'un tel système doit donc faire appel à la spécialité de l'IHM. D'où la proposition d'une approche de développement qui s'appuie sur le modèle en U. Une adaptation de celui-ci au processus d'ECD nous semble intéressante, d'où le modèle en U adapté, objet de cet article.

Notre approche proposée est actuellement mise en oeuvre depuis 2 ans. En fait, le SIAD en question est en cours d'utilisation et d'évaluation dans le service de réanimation du Centre Hospitalo-universitaire Habib Bourguiba à Sfax, Tunisie. Il a pour but d'aider les médecins du service, utilisateurs du système, à comprendre, prédire et prévenir les infections nosocomiales (infections contractées par les patients pendant leur hospitalisation). Par manque de place dans l'article, il n'est pas possible d'expliquer chaque étape de la mise en oeuvre de l'approche proposée, mais cela fera l'objet d'articles futurs.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abed, M. *Contribution à la modélisation de la tâche par outils de spécification exploitant les mouvements oculaires: application à la conception et à l'évaluation des interfaces homme-machine*. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes, France, 1990.
2. Abed, M., Bernard J.M. and Angué, J.C. *Task analysis and modelization by using SADT and Petri Networks*, Proceedings Tenth European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, Liege, 1991.
3. Abed, M. *Méthodes et Modèles formels et semi-formels de conception et évaluation des systèmes homme-machine*. Mémoire d'HDR, Université de Valenciennes, 2001.
4. Ben Ayed, M. Feki, I. and Alimi, A.M. *Optimisation de la technique de RBC pour la classification dans un processus de data mining*, Atelier « Fouille de données complexes » 17 Janvier 2006, Lille.
5. Bastien, C. and Scapin, D. *Des systèmes d'information et Critères Ergonomiques*, in Kolski C. (dir.), Environnements évolués et évaluation de l'IHM, Interaction homme-machine pour les SI 2, Hermès, Paris, p. 53-80, 2001.
6. Booch, G. Rumbaugh, J. and Jacobson, I. *Le guide de l'utilisateur UML*. Eds Eyrolles, Paris, 2000.
7. Ezzedine H., Kolski C. Démarche d'évaluation d'IHM dans les systèmes complexes, application à un poste de supervision du trafic ferroviaire. Revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM), 5, pp. 91-122, 2004.
8. Fayyad, U. M. Djorgovski, S. G. and Weir, N. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*., Calif., AAAI Press / the MIT Press, 1996.
9. Garlatti, S. *Multimédia et systèmes interactifs d'aide à la décision en situation complexe*. Disponible à l'adresse : http://iasc.enst-bretagne.fr/~garlatti/publi-pdf/tutorial-siad.pdf
10. Jambu, M. *Introduction au Data Mining, analyse intelligente des données*. Eds Eyrolles, Paris, 1999.
11. Klein, M. and Methlie, L. B. *Expert Systems: A Decision Support Approach with applications in management and finance*, Eds Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
12. Kolski, C. Ezzedine, H. and Abed, M. *Cycle de développement du logiciel : des cycles classiques aux cycles enrichis sous l'angle des interactions homme-machine*. In C. Kolski (Ed.), Analyse et conception de l'I.H.M., Interaction Homme-Machine pour les S.I. 1, Eds Hermes, Paris, pp. 23-49, 2001.
13. Lajnef, M. Ben Ayed M. and Kolski, C. *Convergence possible des processus du data mining et de conception-évaluation d'IHM : adaptation du modèle en U.* 17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, IHM 2005.
14. Lefébure, R. and Ventari G. *Data Mining : Gestion de la relation client*, Personnalisation des sites Web, Eds Eyrolles 2001.
15. Lévine, P. and Pomerol, J. *Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts*, Eds Hermès, 1989.
16. Lepreux, S. Abed, M. and Kolski, C. *A human-centred methodology applied to decision support system design and evaluation in a railway network context*, Cognition Technology and Work 5: 248–271, 2003.
17. Millot, P. *Coopération homme-machine : exemple de la téléopération*. Actes des Journées du GR Automatique, Strasbourg, 17-19 Octobre 1990.
18. Robert, J.M. *Que faut-il savoir sur l'utilisateur pour réaliser des interfaces de qualité?*, In G. Boy (Ed.), Ingénierie cognitive, IHM et cognition, Edition Hermes-Lavoisier, Paris, pp. 249-283, 2003.
19. Sandoval, V. *L'informatique décisionnelle*, Eds Hermes, 1997.
20. Senach, B. *Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine, une revue de la littérature*. Rapport n°1180, INRIA, 1990.
21. Simon, H. A. *The new science of management decision*, Prentice Hall, New Jersey, 1977.
22. Turban, E. *Decision Support and Expert Systems*. Eds New York, Macmillan, 1993.
23. Wilson, JR. and Corlett EN. Evaluation of human works: a practical ergonomics methodology. Eds Taylor & Francis, London, 1996.

L'observation et les difficultés liées au codage : Exemple d'analyse de comportements de nouveaux-nés à l'aide d'une échelle spécifique d'évaluation

*Julie Brisson**
*Marion Wolff***
*Maria Pilar Gattegno****
*Laetitia Reynaud**
*Jean-Louis Adrien**

* Université Paris Descartes
LPNC (EA 4057). Institut de Psychologie
71 avenue Édouard Vaillant. 92 100 Boulogne-Billancourt
julie.brisson@etu.univ-paris5.fr
jean-louis.adrien@univ-paris5.fr
laetitiareynaud@aol.fr

** Université Paris Descartes
Ergonomie, Comportement & Interactions (EA 4070)
45, rue des Saints-Pères. 75 270 Paris Cedex 06
marion.wolff@univ-paris5.fr

*** Cabinet de Psychologie E.S.P.A.S
97 avenue Charles de Gaulle. 92 200 Neuilly sur Seine
mpgattegno@noos.fr

RESUME
Cette étude est fondée sur l'analyse de films familiaux, dont la cotation est effectuée à l'aide d'une échelle spécifique : l'échelle d'évaluation des comportements interactifs et moteurs (EECIM), spécifiquement élaborée pour analyser des situations interactives et motrices de nouveaux-nés. Nous présentons ici une réflexion sur les difficultés rencontrées et les questionnements suscités par une telle méthode de codage : pertinence de la grille, choix de la méthode de cotation, objectivité du cotateur... Cette réflexion, fruit d'une collaboration entre deux disciplines, l'ergonomie et la psychopathologie du développement, pourrait aider toute nouvelle étude dont la base méthodologique est l'observation.

MOTS CLES : observation, problèmes de cotation, échelle d'évaluation des comportements interactifs et moteurs (EECIM) des nouveaux-nés, films familiaux.

ABSTRACT
This study is based on the assessment of some specific types of infants' behaviour performed with an original scale: the Social Contact and Motor Behaviour Evaluation Scale (SCMBES) used to analyze two main functions: social contact and motricity. The analysis was performed on selected types of interactive situations observed on home videotapes. We present here ratings' difficulties of the various observations and some questionings about this methodological approach: relevance of rating scale, choice of rating method, objectivity of rating investigator... This study, resulting from collaboration between two disciplines, ergonomics and developmental psychopathology, could help further researches also based on observation.

KEYWORDS: Observation, ratings' problems, Social Contact and Motor Behaviour Evaluation Scale (SCMBES) for infants, home videotapes

INTRODUCTION

Comme beaucoup de disciplines dites de « terrain », l'ergonomie utilise l'observation directe (ou indirecte) et souvent, afin de maximiser la fidélité, elle a recours aux analyses de vidéos enregistrées *in situ*. Un des problèmes majeurs relatifs à ces analyses est le codage. L'exemple proposé ci-après est issu d'une collaboration en cours entre deux disciplines complémentaires quant à l'intégration des personnes avec handicap : l'ergonomie et la psychopathologie (voir les études précédentes menées sur ce sujet [1], [2], [4], [5]). Elle a pour objectif de tenter de diagnostiquer le plus tôt possible les signes précoces d'autisme ou de retard mental, afin de pouvoir mettre en œuvre rapidement tout accompagnement de l'enfant à des fins d'apprentissage et d'intégration.

Les supports utilisés sont des films familiaux enregistrés dans différents foyers français, dont le sujet principal filmé est le nouveau né (âge entre 3 mois et 6 mois).
Le problème est le suivant : comment coter correctement ces films de la manière la plus fiable possible ?
Dans un premier temps, une échelle pour repérer les comportements est utilisée : l'échelle d'évaluation des comportements interactifs et moteurs (EECIM), récemment mise au point [3] et dont l'étude est encore en cours. Dans un second temps, pour chaque film étudié, il s'agit de repérer les situations comportementales présentes (S1, S2, S3, cf grille de cotation EECIM, tableau 1) et de coter les items de chaque situation de manière à faire correspondre une note à chaque comportement observé (ou non) :
0 : absence de comportement,
1 : présence du comportement entre 1 et 2 secondes,
2 : présence du comportement entre 3 et 4 secondes,
3 : présence du comportement pendant 5 secondes ou plus.
La finalité de cette cotation consiste à déterminer des différences quantitatives entre des nourrissons ultérieurement diagnostiqués autistes, d'autres qui présenteront un retard de développement et des bébés sans pathologie particulière.
Ce travail a suscité des questionnements qui pourraient être bénéfiques aux futurs cotateurs ou aux personnes qui s'engagent dans la construction de grilles d'observation, quelle que soit leur discipline d'origine.

COMPRENDRE LA GRILLE

Avant de commencer toute cotation, il est primordial de bien comprendre chaque item de la grille que l'analyste va utiliser. La grille de cotation est souvent accompagnée d'un glossaire qui permet à chaque cotateur de comprendre les items de la même façon. Les items choisis ne doivent pas prêter à confusion et être définis précisément.
Par exemple, pour notre étude, pour l'item « l'enfant regarde instantanément son interlocuteur », comment définir « instantanément » ? Est-ce qu'on attend une réaction de l'enfant avant une seconde, deux secondes...? L'idéal serait de pouvoir se référer au glossaire. Si ce n'est pas indiqué, le cotateur va décider d'un critère qui ne changera plus jusqu'à la fin de ses cotations. De même, si on prend l'item « tend les jambes », s'agit-il d'une simple flexion-extension, d'un battement de jambes, ou encore d'un enfant qui, en position assise, a les jambes tendues naturellement ?
Il faut tout définir, même les termes les plus triviaux. Qu'est-ce qu'une « interaction » ? Est-ce qu'un père qui anime un objet près de son fils sans lui adresser un mot est à l'initiative d'une situation d'interaction ?
Le manque d'informations précises concernant la grille est un biais qui pourrait être à l'origine d'erreurs de cotation ou encore d'une fidélité inter-cotateurs médiocre.

DOMAINES	Actions de l'adulte	Réponses du bébé	0	1	2	3
Interaction sociale	S1 Appel par le prénom	S'oriente vers l'adulte				
		Regarde son interlocuteur instantanément				
		Regarde et sourit				
		Regarde et vocalise				
		Regarde, vocalise et sourit				
		Regarde la caméra				
	S2 « coucou »	S'oriente vers l'adulte				
		Regarde son interlocuteur instantanément				
		Regarde et sourit				
		Regarde et vocalise				
		Regarde, vocalise et sourit				
		Regarde la caméra				
	S3 Emet un son (claque la langue, siffle)	S'oriente vers l'adulte				
		Regarde son interlocuteur instantanément				
		Regarde et sourit				
		Regarde et vocalise				
		Regarde, vocalise et sourit				
		Regarde la caméra				
	S4 Filme de façon silencieuse, l'enfant interagit avec une ou plusieurs personnes	S'oriente vers l'adulte				
		Regarde son interlocuteur instantanément				
		Regarde et sourit				
		Regarde et vocalise				
		Regarde, vocalise et sourit				
		Regarde la caméra				
	S5 Interaction simultannée avec une ou plusieurs personnes	S'oriente vers l'adulte				
		Regarde son interlocuteur instantanément				
		Regarde et sourit				
		Regarde et vocalise				
		Regarde, vocalise et sourit				
		Regarde la caméra				
Motricité (spontanée : couché, assis)	S6 Filme de façon silencieuse	Tend les jambes				
		Porte ses mains devant les yeux				
		Regarde ses mains				
		Porte ses mains au visage				
		Porte ses mains à la bouche				
		Coordination des pieds et des mains				
		Regarde la caméra				

Tableau 1 : Grille de cotation EECIM

D'autres situations peuvent aussi poser des problèmes de cotation. Par exemple, pour l'EECIM, un parent, qui tient la caméra, appelle son enfant. Ce dernier regarde dans la direction souhaitée. Il est souvent très difficile de savoir s'il regarde son parent ou bien la caméra. Dans ce cas que cote-t-on ? Objectivement, il faudrait coter ce que l'on voit, c'est-à-dire que l'enfant regarde le parent et qu'il regarde la caméra.
Dans cet autre exemple, l'enfant regarde déjà la caméra depuis un moment. Son père, qui le filme, l'appelle ou lui fait coucou. Il n'est pas étonnant que l'enfant continue à regarder dans cette même direction puisqu'il le faisait déjà auparavant. A l'item « regarde instantanément », il convient de coter positivement en toute objectivité. Cela dit, on peut constater par ailleurs que ce même enfant ne répond jamais à l'appel de son prénom ou au coucou quand la personne qui lui parle n'est pas en face de lui. La première cotation ne reflètera donc pas la réalité en dépit d'une cotation la plus objective possible. Pour éviter au maximum ce biais, il faut multiplier les observations dans des conditions similaires.

COMMENT COTER?

Sélection de séquences pertinentes

Cette première méthode consiste à sélectionner des séquences pour ne coter qu'une partie des données. L'avantage majeur est le gain de temps car il est plus rapide de coter des parties d'un tout que le tout lui-même. Par contre, comment juger de la pertinence des

séquences ? Si on choisit les séquences les plus riches, celles où l'enfant fait le plus de choses, il peut y avoir un biais de représentativité. Cela ne correspondra peut-être pas aux comportements réels de l'enfant dans la vie de tous les jours mais à ses capacités maximales dans une situation d'interaction qui lui est bénéfique. D'aucuns diront que si on choisit de procéder de cette façon pour tous les enfants et de prendre les séquences vidéos de chaque bébé sous son meilleur jour, on réduira ce biais. Cela ne peut fonctionner que si l'environnement est strictement identique est en particulier le milieu interactif dans lequel sera filmé l'enfant. Dans les films familiaux, on observe des enfants qui sont stimulés par un parent qui parle, chante, présente des objets, et d'autres vidéos présentent des parents qui sont nettement moins en interaction avec leur enfant en présence de la caméra. Les enfants moins sollicités auront donc moins de chance de développer leur potentiel au moment de la vidéo.

Cotation globale

Cette méthode consiste à regarder le film entièrement, voire en plusieurs parties si le film est trop long, à repérer les situations présentes et à décider ensuite d'un score moyen pour chaque item de chaque situation observée. Ce score serait une estimation moyenne du comportement de l'enfant observé une ou plusieurs fois dans une situation similaire.

Cette procédure, comme la première, a pour intérêt sa rapidité de cotation. De plus, on voit la totalité de l'information et non une partie. Cependant, la cotation reste en partie subjective car elle peut être biaisée par l'impression générale que l'on a de l'enfant. Si on se doute ou on sait que l'enfant dont on regarde la vidéo présente une pathologie particulière, on pourra avoir tendance à choisir une note plus basse, de façon involontaire, même en se voulant le plus objectif possible. Le problème de la subjectivité dans une cotation globale se pose dans d'autres échelles.

Cotation par intervalles « fixes »

Il s'agit de choisir un intervalle fixe avant la cotation. Par exemple, on peut coter de 5 secondes en 5 secondes, voir dans quelle situation on se place et déterminer un score pour chaque item de cette situation particulière. L'opération sera répétée ainsi jusqu'à la fin du film. Avec l'échelle EECIM, il y a toujours une situation qui correspond à ce que l'on observe car s'il n'y a pas d'interaction, on peut coter la motricité (S6 « filme de façon silencieuse »). L'avantage de cette technique est la précision des cotations. Les intervalles fixes et réguliers permettent de comparer les cotations entre elles. En effet, il faut veiller à ce que l'intervalle de cotation soit identique pour que les cotations aient la même valeur. Imaginons un enfant qui regarde la caméra pendant 20 secondes sans interruption et qui ensuite détourne la tête 5 secondes avant de revenir vers la caméra. Si, dans la grille EECIM, à l'item « regarde la caméra », on cote une fois 3 (c'est-à-dire 5 secondes ou plus) pour les 20 secondes où l'enfant regarde la caméra et une fois 0 pour les 5 secondes où l'enfant ne regarde pas la caméra, on aura deux cotations qui auront un poids équivalent alors que ce n'est pas le cas en réalité. Une personne qui regarde la grille se dira que cet enfant regarde aussi souvent la caméra que le reste de son environnent alors qu'il regarde bien plus longtemps la caméra. Si on choisit un intervalle temporel de 5 secondes par exemple, on indiquera quatre cotations 3 à l'item regarde la caméra (pour les 4X5 secondes=20 secondes où l'enfant regarde la caméra) et une cotation O (pour 1 x 5 secondes où l'enfant ne regarde pas la caméra ; cf tableau 2). Cette façon de coter est bien plus représentative de la réalité.

	0	1	2	3
Regarde la caméra	I			IIII

Tableau 2: Exemple de cotation par intervalles.

Cette méthode, bien que plus longue, est néanmoins plus précise que les deux précédentes. Elle présente, par contre un inconvénient important. Il arrive de des situations soient coupées en plein milieu, ce qui peut engendrer des problèmes de cotation. Si on cote de la seconde 0 à la seconde 5 et qu'une situation commence à la seconde 3, par exemple si la maman fait coucou, il ne restera plus que deux secondes d'observation du comportement du bébé et il sera impossible de coter plus que 1 (entre 1 et 2 secondes). C'est une erreur à laquelle il faut faire attention.

Cotation par intervalles « mobiles »

Cette dernière méthode palie aux inconvénients de la méthode précédente. L'intervalle choisi et fixe sera placé au début de chaque situation. Si la situation de coucou commence à la seconde 3, on commencera le décompte à partir de cet instant et on regardera ce qui se passe pendant cet intervalle déterminé.

Comment choisir l'intervalle ? Pour la cotation de l'EECIM, le choix d'un intervalle de temps arbitraire mais réfléchi a été effectué. Un intervalle de 10 secondes semblait mieux répondre à la consigne de départ (cotation de 0 à 5 secondes ou plus). Il laisse à l'enfant le temps de réagir à la stimulation. En effet, il arrive que l'enfant ne réagisse qu'après 2 ou 3 secondes et sa réaction peut ensuite durer plusieurs secondes. Il fallait donc choisir un intervalle suffisamment long (supérieur à 5 secondes) mais pas trop long tout de même pour avoir des observations suffisamment répétées et précises. L'intérêt d'un intervalle fixe a été expliqué dans le paragraphe précédent. La cotation par intervalle permet également de ne pas oublier de coter l'absence de comportement. C'est une information qui peut être omise quand on cote de façon globale. Il est en effet plus facile de coter les compor-

tements lorsqu'ils se présentent. Par ailleurs, quand la situation ne permet pas de voir exactement ce que fait le sujet observé, il ne faut pas émettre d'hypothèses. Il faut coter ce que l'on voit et non ce que l'on pense. Il peut être intéressant de prévoir une colonne « incotable » ou « non observable » pour avoir toujours le même nombre de cotations dans les items d'une même situation.

CONCLUSION

L'observation consiste à porter un regard attentif sur des situations, des comportements, pour prélever des informations sur le réel sans intention de les modifier. Ce n'est pas une tâche aisée et les grilles de codage peuvent nous aider à standardiser, à guider notre regard. Chaque méthode de codage présente ses avantages et ses inconvénients. Il s'agit de choisir celle qui est la plus adaptée à sa problématique de recherche, celle qui répondra le mieux à la question que l'on se pose. Quelle que soit la méthode choisie, et quelle que soit la discipline, il faut s'attacher à être le plus précis possible dans la conception ou dans la compréhension des items de la grille utilisée. De même, il est important de toujours garder à l'esprit les limites de son système de cotation, notamment le fait que, quelle que soit la grille, il y aura toujours une part infime de subjectivité que le chercheur doit tenter de gommer au maximum. C'est par une réflexion approfondie sur ces méthodes de travail que le chercheur améliorera sans cesse sa pratique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Adrien J.L., Gattegno M.P., Streri A., Reynaud L., Barthelemy C. Développement précoce et créativité chez l'enfant autiste. Early development and creativity in autistic children. *Archives de pédiatrie*, 12, 2005, 858-860.

2. Gattegno M.P., Reynaud L., Streri A., Barthélémy C. & Adrien J.L. Les dysfonctionnements interactifs et moteurs chez les bébés âgés de 4 à 6 mois ultérieurement diagnostiqués autistes : Analyses à partir des films familiaux. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (ANAE), 83-84*, 2005, 152-164.

3. Reynaud L. Évaluation des troubles moteurs et interactifs précoces chez l'enfant autiste. Analyse à partir de films familiaux. *Mémoire de Maîtrise de Psychopathologie*, 2003, Institut de Psychologie, Université René Descartes, Paris 5.

4. Wolff, M., Gattegno, M.P., & Adrien, J.-L Étude de la fonction d'accompagnant de personnes avec autisme par l'analyse d'entretiens semi-dirigés. *Revue québécoise de Psychologie, 26(3),* 2005a, 1-22.

5. Wolff, M., Gattegno, M.P., & Adrien, J.L. Un modèle des accompagnants de personnes avec autisme : pour une valorisation de la profession. *Handicap, Revue de Sciences Humaines et Sociales, 105-106,* 2005b, 51-69.

⁂

CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR, UTILISABILITE



Du développement des instruments à la conception de systèmes techniques

Gaëtan Bourmaud

AXErgonomie
2 Place de l'église
95810 Grisy-les-Plâtres
gaetan.bourmaud@axergonomie.com

RESUME

Dans cette communication, basée sur un travail de thèse [1], nous abordons la problématique de l'intégration de nouveaux systèmes techniques dans des situations de travail existantes et, dans la continuité, les questions autour d'une conception centrée utilisateur. Chacun d'entre nous a l'expérience d'opérateurs utilisant les outils qu'ils ont eux-mêmes conçus, certaines fois au détriment des outils mis à leur disposition par l'entreprise. Ce constat nous semble ouvrir une voie intéressante pour notre problématique. En nous appuyant sur l'approche instrumentale développée par Rabardel [2] et sur la base d'une intervention de conception d'un système technique pour l'ordonnancement de la maintenance dans une société de télédiffusion, nous tâcherons de montrer comment il est possible, en plus de souhaitable, de partir des instruments développés par les opérateurs pour concevoir de nouveaux systèmes techniques : leur intégration dans les situations de travail particulières devant ensuite être facilitée, comme un gage de réussite du projet de conception.

MOTS CLES : Conception centrée utilisateur, Instrument, Maintenance.

ABSTRACT

This paper is about operators' tools in a broadcasting company. These workers are in charge of maintenance operations. The framework of this study is the theory of 'instruments mediated activity' [2]. It is about the psychological approach of tools, named instruments. It implies that instruments are developed by the subjects themselves during processes of instrumental genesis. In this theory, the development of instruments is seen as a continuation of design in usage. Our work, based to a thesis [1], it is about the instruments as a whole as organized by the subjects to face a wide variety of situations: we then talked about instruments systems. In this research, we widen the theoretical scope by introducing a methodological approach dedicated to instruments systems and by proposing new perspectives for anthropocentred design based on the characteristics of instruments systems.

KEYWORDS : Design in use, Instruments, Maintenance.

INTRODUCTION

Un fort enjeu pour les acteurs de la conception, à commencer par les ergonomes, consiste à s'interroger sur la problématique spécifique de l'intégration de nouveaux systèmes techniques dans des situations de travail existantes. Différents constats sont habituellement discutés comme autant de contre exemples propres à cette problématique : des futurs utilisateurs isolés des processus de conception, ou bien dont la participation est insuffisante ou discutable ; des outils informatiques jamais, ou très peu, utilisés car ne répondant pas aux besoins et attentes des opérateurs ; de nouveaux systèmes techniques déployés sans consultation préalable des opérateurs ; etc. Ainsi, dans nombre de situations, nous ne nous étonnons pas de voir utilisés, au final, des outils de travail conçus par les opérateurs eux-mêmes. Ce dernier constat nous semble ouvrir une voie intéressante pour la problématique posée avant.

En nous appuyant sur l'approche instrumentale développée par Rabardel [2], nous tâcherons d'explorer les questions autour d'une conception centrée utilisateur en montrant comment il est possible, en plus de souhaitable, de partir des instruments développés par les opérateurs pour concevoir de nouveaux systèmes techniques : leur intégration dans les situations de travail particulières devant ensuite être facilitée, comme un gage de réussite du projet de conception. Nous présenterons d'abord, dans une première partie, une approche anthropocentrée de la conception : l'approche instrumentale de Rabardel [2], et essentiellement le concept d'instrument. Ensuite, dans une deuxième partie, nous décrirons la situation de travail étudiée – l'ordonnancement de la maintenance dans une société de télédiffusion – ainsi qu'une partie des processus de développement par les opérateurs eux-mêmes d'un instrument essentiel à leur activité : le Tableau d'Activité. Puis, dans la troisième partie, nous discuterons du processus de conception auquel nous avons participé pour développer un outil informatique devant suppléer les Tableaux d'Activité locaux, en particulier l'utilisation de nos connaissances sur leur histoire et leur développement comme instruments d'une part, et la mise en œuvre d'une méthodologie originale visant à identifier le système fonctionnel couvert comme non par les Tableaux d'Activité d'autre part. Enfin, nous conclurons sur les raisons qui nous poussent à penser que, dans un tel cas, les risques de rejet du nouveau système techni-

que conçu sont limités, avec en conséquence une intégration réussie du nouvel outil espérée et confirmée.

UNE APPROCHE ANTHROPOCENTREE DE LA CONCEPTION : L'APPROCHE INSTRUMENTALE

Classiquement, la séparation entre le concepteur et l'utilisateur d'un même outil est considérée comme un phénomène croissant, qui se serait même considérablement accentué au cours du XXème siècle. Gaillard, qui reprend là une proposition de Cazamian, décrit cette séparation comme l'enchaînement de trois temps successifs [3] :

- Etape 1 : « l'utilisateur de l'outil est à la fois son concepteur et son constructeur » ;
- Etape 2 : « les fonctions d'utilisateur et de concepteur/constructeur sont séparées » à la fois physiquement et géographiquement, stade auquel « l'utilisateur peut améliorer son outil, se le mettre en main » ;
- Etape 3 : « les fonctions de conception, de construction et d'utilisation sont toutes séparées ».

Cependant, pour un grand nombre d'auteurs, cette description de l'évolution des processus de conception est restrictive : la conception n'est pas le seul fait des concepteurs, les utilisateurs y participent eux aussi et, ainsi, la conception « se poursuit dans l'usage » [2, 4, 5, 6, 7, 8]. Cette idée générale entraîne des questions nouvelles : comment la conception dans l'usage se réalise-t-elle ? Est-il possible – et pertinent – de récupérer les fruits de la conception dans l'usage ? Rabardel [2, 4] répond positivement à cette dernière question et propose une approche théorique – l'approche instrumentale – pour expliquer les processus de conception dans l'usage, qui sont le fruit selon lui d'une activité développementale.

L'approche instrumentale

Depuis les travaux de Vygotsky [9, 10], les théories de l'activité soulignent que la relation principale est celle du sujet avec l'objet de son activité, l'artefact se trouvant alors dans une position médiatrice [2, 11, 12, 13, 14]. Cependant, pour Rabardel [2], un concept supplémentaire doit être posé : l'instrument. L'instrument est défini comme une entité mixte composée d'un artefact et de schèmes d'utilisation. Il est donc le fait du sujet en étant le fruit d'une association et d'un développement qui va toucher aussi bien l'artefact que le (ou les) schème(s) d'utilisation. Dans ce développement – dans cette genèse instrumentale – deux processus distincts apparaissent : l'instrumentalisation et l'instrumentation. Après avoir décrit ces deux processus, nous présenterons le modèle de la « boucle de la conception » proposé par Rabardel [2]. Nous exposerons ensuite une situation de travail – l'ordonnancement de la maintenance – pour laquelle nous avons pu analyser les traces du développement d'un instrument particulier : le Tableau d'Activité [15, 16].

L'instrumentalisation. L'instrumentalisation touche l'artefact, qu'il soit ou non construit par le sujet. C'est un processus qui peut être considéré comme « un enrichissement des propriétés de l'artefact par le sujet » [2]. Dans certains cas, l'instrumentalisation n'entraîne aucune transformation matérielle de l'artefact (Rabardel prend l'exemple de la masse de la clé anglaise pour remplacer le marteau, page 141). L'attribution de fonction pourra être soit temporaire, liée à une action particulière, soit durable. Cependant, très souvent l'artefact est modifié : l'usage qui en est fait entraîne l'adaptation des propriétés de l'artefact à la situation rencontrée (Rabardel prend notamment l'exemple de la découpe d'une bouteille en plastique pour obtenir un récipient à bec verseur et à poignée, page 141). L'instrumentalisation concerne donc l'émergence et l'évolution des fonctions, par le sujet lui-même, et sont appelées « fonctions constituées » ; les fonctions « préalablement définies, intrinsèques, constitutives de l'artefact » représentent, quant à elle, les « fonctions constituantes ».

L'instrumentation. Le processus d'instrumentation touche le ou les schème(s) d'utilisation et concerne leur émergence et leur évolution. L'instrumentation est donc tournée vers le sujet (contrairement à l'instrumentalisation tournée vers l'artefact). Les schèmes peuvent être définis comme des organisateurs de l'action des sujets et « ils correspondent aux aspects invariants des actions pour des classes de situations connues » [2]. Rabardel précise que « la découverte progressive des propriétés (intrinsèques) de l'artefact par les sujets s'accompagne de l'accommodation de leurs schèmes, mais aussi de changements de signification de l'instrument résultant de l'association de l'artefact à de nouveaux schèmes ». L'instrumentation comprend donc, en plus de la genèse des schèmes, les processus d'accommodation et d'assimilation (lorsqu'une nouvelle signification est donnée à l'artefact).Comme exemple d'instrumentation, nous pouvons reprendre les travaux de Forzy [17] sur la comparaison de l'activité de conduite avec une carte Versus un système d'aide à la navigation. La conduite est notamment dirigée par un schème central consistant à atteindre une destination fixée par l'intermédiaire d'un trajet déterminé. Contrairement aux attentes des concepteurs, l'usage du système n'améliore pas significativement les performances de navigation. Par contre, la qualité de la conduite s'améliore significativement : les utilisateurs ont développé des modalités d'usage de manière à favoriser la sécurité au détriment d'éventuelles erreurs de navigation beaucoup plus facilement rattrapées qu'avec la carte papier. C'est donc bien ici l'émergence d'un nouveau schème.

La boucle de la conception

Pour Rabardel [2], la conception se poursuit dans l'usage : c'est-à-dire que le développement des instruments est comparable à un processus de conception qui

serait cette fois-ci le fait de l'utilisateur. Rabardel [2] propose le modèle de « la boucle de la conception » pour représenter « l'inscription des processus de genèse instrumentale dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact » : les fonctions constituées par les sujets ainsi que les schèmes d'utilisation mis en œuvre vont s'articuler à la conception (au sens institutionnelle) et former respectivement de nouvelles fonctions constituantes et de nouveaux modes opératoires pour une version n + 1 de l'artefact (cf. Figure 1).

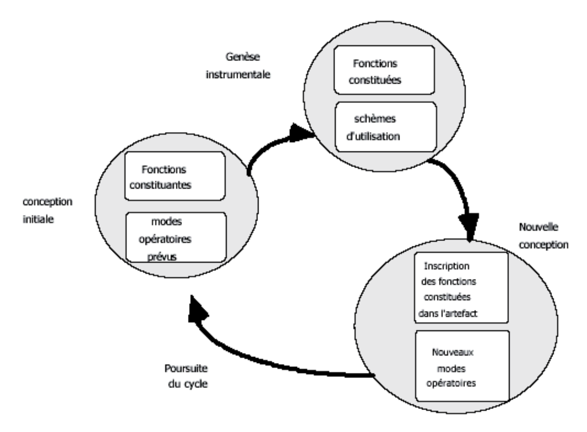


Figure 1 : La boucle de la conception [2].

Ainsi, Rabardel [2] recommande, dans un cadre général de conception centrée utilisateur, de concevoir à partir des instruments des opérateurs, et c'est ce que nous avons tâché de mettre en œuvre lors de l'intervention illustrant cette communication.
Nous allons maintenant présenter la situation de travail étudiée : l'ordonnancement de la maintenance.

LA SITUATION DE TRAVAIL ETUDIEE

L'entreprise dans laquelle nous avons réalisé notre intervention met au service des chaînes de télévision, des stations de radio et des opérateurs de télécommunications ses réseaux nationaux et internationaux de diffusion. Une mission essentielle pour l'entreprise consiste à exploiter et à maintenir ses réseaux et équipements, et à garantir ainsi la continuité du service de diffusion : toute panne se traduisant par des interruptions de diffusion des programmes ou services, et pouvant alors entraîner des pénalités financières parfois importantes.

L'ordonnancement de la maintenance : l'importance du Tableau d'Activité. L'entreprise confie localement – dans ses 12 unités de maintenance – l'organisation opérationnelle de sa mission de maintenance à un spécialiste : l'Ordonnanceur.

L'ordonnancement de la maintenance. L'ordonnancement consiste à « organiser les travaux de maintenance et les lancer avec les moyens les mieux adaptés à un optimum technico-économique et dans le respect des priorités » [18]. Pour ce faire, chacun des 12 Ordonnanceurs élabore un planning hebdomadaire prévisionnel des interventions de maintenance pour le secteur géographique dont il est responsable (une quarantaine d'interventions par jour en moyenne), en fonction des disponibilités des techniciens de maintenance. Il reçoit chaque jour plusieurs demandes d'interventions urgentes et doit procéder à l'affectation d'un technicien de maintenance à chacune d'entre elles. Certaines fois un technicien de maintenance est disponible, mais ils sont généralement déjà mobilisés sur les interventions planifiées. L'Ordonnanceur, dont la mission principale est d'optimiser l'organisation de la maintenance, doit alors réaménager le planning en fonction des priorités relatives des différentes interventions : des interventions en cours vont être suspendues, des interventions prévues vont être différées, etc. Ces tâches d'affectation et réaffectation sont complexes car les solutions doivent satisfaire une multiplicité de contraintes.

Le Tableau d'Activité. Les plannings élaborés et utilisés par les Ordonnanceurs sont des outils développés localement, par les Ordonnanceurs eux-mêmes, appelés Tableaux d'Activité (cf. Figure 2).

Tableau d'Activité

Semaine 8

[illegible]	[illegible]	19-févr	20-févr	21-févr	22-févr	23-févr	24-févr
Mr A	RDM TV [illegible]						
Mr B	Info		VLB TV 8h itinéra	St Chéron itinéra	Formation NRJ 9h-12h VLB TV	Formation BO	
Mr C	Info		VLB TV 8h itinéra	St Chéron itinéra	St Germain en L AINF		
Mr D	[illegible]	Romainville DAB FH	Romainville DAB FH	[illegible] FM2 RDS			
Mr E			Avec Mr G	Avec Mme V	Labo.	Labo.	
Mr F	TV (Spé MDTR)	Labo	[illegible] TV1-6	Formation	Formation	[illegible]	
Mr G	Trans		PVT SFR [illegible]	TFL RNG	TFL RNG	[illegible]	
Mr H		[illegible]	[illegible] Avec RCS/SFR	[illegible] TV2-4		SAPRR A10	
Mr I	Tour						Belfort
Mr J	RC						
Mr K	TV	Avec Mr H	Avec Mr H	Avec Mr D		Formation BO	
Mr L	Info						
Mr M	FM	Avec Mr G		Avec Mr G	PVT TV 1/2/3 ~~PVT DAB RMV~~	PVT DAB Sannois	
Mr N	TV (Spé [illegible])				SAPRR A6		
Mr O	Radiocom	Arpaj - Torfou - Saulx Bouygues	HDV BY	HDV BY	Avec Mr N		
Mr P	RDM FM						
Mr Q	FM	Malade	Sannois DAB		RCS/SFR les Essarts	[illegible]	
Mr R	Radiocom	AINF Marcoussis RMV P3	Avec Mr R	Avec Mr O	[illegible]	Avec Mr N	
Mr S	Radiocom	Malade	Malade	Malade	Malade	Malade	
Mr T	Trans			[illegible]	[illegible]		
Mr U	RDM Trans				[illegible]	[illegible]	
Mme V	TV (Spé [illegible])	Malade	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
Mr W	[illegible]	Changement des voies à MDTR TV		[illegible] MDTR		[illegible] AINF	
Mr X	[illegible]		St Jean les 2 Jumeaux AINF	Rampillon AINF	[illegible]	Rampillon AINF	
Mr Y	[illegible]						
				OP Marcoussis BY 14h	[illegible]	[illegible]	
					VLB OM	877 BHX 92 [illegible]	
						SFR [illegible]	
						PVT DAB RMV	
		LME Avec Mr A					

Absences
8-10h
14-20h
6-12h

Figure 2 : Un exemple de Tableau d'Activité (original au format A3).

Ils ont des caractéristiques légèrement différentes d'un secteur à l'autre et se présentent sous forme papier ou bien informatique, les deux formes étant souvent coprésentes sur un même site : la forme papier permettant de noter rapidement les nouvelles informations et la

forme informatique à formaliser et tracer l'ordonnancement pour un partage avec d'autres opérateurs tels que les Techniciens de maintenance. Il s'agit d'un tableau à double-entrée avec, en abscisses, les jours de la semaine et, en ordonnées, les noms des techniciens. Leurs plages de disponibilité apparaissent dans les cases du tableau sous forme de codes de couleurs et/ou de lettres. L'élaboration du Tableau d'Activité consiste donc pour l'Ordonnanceur à inscrire dans les cases les affectations aux techniciens des différentes interventions, ainsi que les caractéristiques succinctes de celles-ci.

Le développement du Tableau d'Activité. Le Tableau d'Activité est le fruit d'une longue histoire. Il est apparu dans l'entreprise de façon progressive et a fait l'objet d'un développement et d'une généralisation sur les sites par l'intermédiaire d'un double mouvement, à la fois individuel et communautaire [15, 16].

L'histoire du Tableau d'Activité. Le Tableau d'Activité est apparu quasi conjointement à la création du poste d'Ordonnanceur. A leur début, les Ordonnanceurs devaient principalement coordonner la répartition des interventions et assurer leur suivi pour une meilleure traçabilité du travail réalisé. L'entreprise était alors dans un contexte nouveau avec une concurrence qui s'installait dans le paysage audiovisuel national. Sur le plan artefactuel, le Tableau d'Activité est, à l'origine, un outil plus ancien dans l'entreprise : le Tableau de Service. Le Tableau de Service est un planning dont la fonction principale est d'indiquer les dates des jours de vacances et des jours de repos du personnel de l'unité. Certains Ordonnanceurs inscrivaient alors dans les cases du Tableau de Service quelques informations relatives aux interventions (généralement les plus pertinentes). Ce n'était, cependant, pas encore systématiquement effectué pour toutes les interventions. Le passage aux 35 heures a représenté un moment clé : les horaires de travail se sont retrouvés fortement modifiés, des jours de récupération sont apparus, une flexibilité horaire du travail a été jugée nécessaire et le Tableau de Service a alors pris une importance plus grande. Il a été le vecteur de la mise en place d'une « organisation cohérente des horaires de travail » visant à s'assurer de la présence chaque jour d'un effectif suffisant de techniciens, et ceci sur une plage horaire de plus en plus grande. Afin de supporter toutes ces nouvelles informations, le caractère visuel du Tableau de Service a été renforcé : des couleurs sont apparues pour faire ressortir certaines informations, son impression a été réalisée sur des feuilles au format A3, etc. De même, son informatisation s'est généralisée et de nombreux codes – lettrés ou de couleurs – ont été établis et partagés en interne. La forte variation des horaires de travail, l'absence douloureusement ressentie des heures supplémentaires et l'embauche réduite de nouveaux techniciens ont eu un impact très important sur l'organisation des interventions de maintenance et en conséquence sur l'activité des Ordonnanceurs, qui ont eux-mêmes pris une importance plus grande au sein des unités de maintenance. La direction de l'entreprise, face à ce nouveau contexte socio-économique, leur demandant en effet « d'optimiser l'affectation des interventions et de procéder à la planification d'un maximum d'interventions »[1]. Pour réaliser ces nouvelles tâches, les Tableaux d'Activité – anciens Tableaux de Service annotés – sont naturellement apparus comme le meilleur outil et l'existence, jusque-là plus ou moins admise du Tableau d'Activité, a été officialisée dans l'entreprise en très peu de temps, d'abord par la direction des unités de maintenance puis par la suite renforcée lors des « réunions métier Ordonnanceur » organisées au siège de l'entreprise. Les processus de mise en commun réalisés lors de ces réunions ont très largement contribué à lancer une réflexion générale sur le Tableau d'Activité et son évolution. En quelques mois, il a ainsi hérité d'un très grand nombre de nouvelles fonctionnalités (notamment quelques unes provenant du Tableau de Service) : il s'est lui aussi informatisé, des codes lettrés et de couleurs sont apparus, son partage pour consultation s'est généralisé, etc. et le nombre de ses utilisateurs s'est alors accru. Nous venons de passer rapidement en revue le développement dans l'histoire du Tableau d'Activité, traversé de moments d'instrumentalisation et d'instrumentation. Nous allons maintenant exposer plus précisément deux exemples des processus de genèse instrumentale du Tableau d'Activité d'un Ordonnanceur en particulier (deux exemples déjà présentés dans un précédent article, cf. [15, 16]).

Un exemple d'instrumentalisation du Tableau d'Activité. Nous allons ici présenter un exemple d'instrumentalisation d'un Tableau d'Activité (nous le rappelons : l'instrumentalisation touche l'artefact et concerne l'émergence et l'évolution des fonctions). L'un des Ordonnanceurs a intégré dans son Tableau d'Activité une nouvelle fonction pour gérer les situations où une intervention déprogrammée ne peut être réaffectée pour le même jour, en général faute de personnel disponible. Nous avons pu reconstituer les principales étapes du processus de genèse instrumentale à partir des commentaires de l'Ordonnanceur sur des exemplaires de Tableau d'Activité correspondants à différents moments de la genèse de la nouvelle fonction. Voici ce qu'en dit l'Ordonnanceur que nous avons interrogé : « En fait cette fonction elle est venue avec le fait qu'on nous (les Ordonnanceurs) a demandé de faire au maximum de la programmation d'interventions. Du coup ça fait qu'on a eu tout d'un coup un nombre beaucoup plus important qu'avant d'interventions déprogrammées… alors moi au début j'essayais de noter en bas du Tableau d'Activité les interventions déprogrammées pour pas les perdre mais c'était pas systématique et du coup on en perdait

[1] Le message de la direction étant : « Le report et/ou l'annulation des interventions sont plus difficiles lorsque celles-ci ont été planifiées et fixées sur le Tableau d'Activité ».

pas mal… ». Dans un second temps, il a systématisé ces annotations en bas du Tableau d'Activité : « alors je me suis dit que pour ne rien perdre il fallait que ce soit systématique quoi… comme un automatisme pour ne rien perdre… ». Cependant cette forme systématisée n'était pas suffisante et, dans un dernier temps, il a créé une zone spécifiquement dédiée à cette fonction dans le Tableau d'Activité : « puis je me suis dit qu'il fallait que je fasse une partie spéciale dans le Tableau d'Activité comme ça ce sera facile je pourrai plus oublier de les marquer…. C'est ma Réserve des interventions annulées non réaffectées » (cf. Figure 3).

Figure 3 : Un exemple de « Réserve » du Tableau d'Activité (extrait de la Figure 2, partie basse du Tableau d'Activité présenté en Figure 1).

Nous venons d'examiner la composante instrumentalisation de la genèse instrumentale dont le point d'aboutissement est, dans cet exemple, la transformation de l'artefact et la création d'une nouvelle fonction : la « Réserve ». Nous allons maintenant examiner la seconde dimension du processus de genèse instrumentale de ce Tableau d'Activité – l'instrumentation – qui concerne, quant à elle, l'évolution d'un schème.

Un exemple d'instrumentation du Tableau d'Activité. Lorsque l'Ordonnanceur reçoit une demande d'intervention urgente et que l'affectation de cette nouvelle intervention entraîne la suppression d'une ancienne affectation, celle-ci étant réaffectée juste après, on observe que l'activité est organisée par un schème que nous avons appelé « schème de réaffectation » qui en structure le déroulement temporel en cinq étapes successives[2] :

- Etape 1 : cette étape consiste en une analyse de la situation. L'Ordonnanceur procède à l'analyse de l'ensemble des affectations déjà réalisées et indiquées sur le Tableau d'Activité. Il commente spontanément son activité : « à qui je vais pouvoir la donner celle-là ?... alors celle-là elle m'arrange pas… je sais pas qui… ».
- Etape 2 : l'Ordonnanceur choisit l'une des affectations déjà réalisées et décide de l'annuler. C'est l'étape de prise de décision d'annulation d'une affectation : « bon, j'ai pas le choix ... c'est lui qui va faire cette intervention … il va râler… il aime pas quand je l'arrête… mais bon pas le choix ». Cette étape se conclut par la suppression des informations inscrites dans la case du Tableau d'Activité correspondant à l'intervention que l'Ordonnanceur a décidé d'annuler.
- Etape 3 : l'Ordonnanceur procède à une nouvelle affectation en inscrivant dans la case libérée les informations relatives à l'intervention urgente : « bon alors celle-là je lui mets à lui... ».
- Etape 4 : « ... et donc celle-là je la mets » : l'Ordonnanceur procède à la réaffectation. Il inscrit dans une autre case du Tableau d'Activité les informations qu'il avait rayées ou effacées précédemment.
- Etape 5 : l'Ordonnanceur procède à l'évaluation et à la vérification des modifications qu'il vient d'apporter au Tableau d'Activité : « bon là ça doit être bon tout ça… ça doit être bon… oui… oui oui c'est OK ». C'est l'étape d'analyse et de contrôle de la nouvelle situation construite.

On remarque que la première et la dernière étape sont consacrées à l'analyse de la situation d'ensemble et ne comportent aucune transformation du Tableau d'Activité. L'Ordonnanceur se contente apparemment de le consulter. En réalité, il teste au plan représentatif interne les possibilités d'annulation et de réaffectation des interventions déjà décidées. Dans les trois étapes intermédiaires, au contraire, l'activité vise une transformation effective du tableau. On voit ainsi que le schème de réaffectation organise et coordonne les dimensions internes et externes de l'activité. Il en constitue la structure invariante, qui prend appui sur les propriétés propres de l'artefact Tableau d'Activité et répond aux caractéristiques communes aux situations de réaffectation. L'Ordonnanceur peut, par exemple, à l'issue de la cinquième étape, ne pas être satisfait de la solution choisie : il la remet alors en cause. Il peut également procéder à des réaffectations en cascades. Pour les Ordonnanceurs qui disposent d'une « Réserve », la quatrième étape va aussi pouvoir se réaliser d'une autre manière, en deux phases successives : ils vont en effet placer, de façon transitoire, l'intervention déprogrammée dans une case de la « Réserve » (et conserver ainsi la détermination du jour de réalisation sans pour autant procéder à son affectation à un intervenant précis[3]) puis procéder à cette affectation en la replaçant dans la case appropriée du Tableau d'Activité (le jour et l'intervenant étant alors déterminés). Précisons que ces deux phases peuvent être éloignées dans le temps de plusieurs heures voire de plusieurs jours. Avec la « Réserve », c'est bien une évolution importante du schème de réaffectation associé au Tableau d'Activité : le nouveau schème de réaffectation présente ainsi des variantes, l'une ou l'autre étant préférée en fonction des caractéristiques des situations.

---

[2] Afin de faciliter la compréhension de l'activité de l'Ordonnanceur, nous avons ajouté à la description des étapes, des exemples de verbalisations spontanées qui les ont accompagnées lors d'une mise en œuvre du schème de réaffectation par un Ordonnanceur.

[3] Ce que l'Ordonnanceur nomme la « Réserve » n'est donc pas seulement une mémoire destinée à conserver une partie de l'information, c'est aussi un espace permettant de réaffecter partiellement l'intervention.

Une analyse systématique du système fontionnel. Basée sur le discours sur leur propre activité, la méthodologie que nous avons développée [1, 19] visait à analyser et identifier de manière systématique les fonctions mobilisées par les Ordonnanceurs dans le cadre de leur travail. Avec la consigne suivante : « Nous vous proposons de tester, à voix haute, différents scénarios dans lesquels vous devez procéder à [nom d'une des classes de situations, par exemple « la programmation d'une intervention urgente »] alors que l'un de vos outils de travail habituellement utilisés est défaillant », nous passions en revue l'ensemble des artefacts présents à leur poste en les présentant de plus comme successivement défaillants. Les Ordonnanceurs devaient analyser et discuter les possibilités de réaliser leur activité en substituant d'autres artefacts à l'artefact défaillant. Il leur était aussi demandé de décrire comment, en mobilisant les autres artefacts, considérés comme des ressources de substitution, ils pourraient finalement réaliser leur activité. Avec cette approche par les fonctions mobilisées dans chaque classe de situations, et indépendamment de leur support artefactuel, nous avons pu établir de façon exhaustive le système fonctionnel couvert comme non couvert par les Tableaux d'Activité et leur besoin a ainsi pu être particulièrement formalisé.

Concernant tout particulièrement la « Réserve », les Ordonnanceurs qui n'en avaient pas devaient quant à eux mettre à contribution de nombreux artefacts pour s'assurer en continu de la réaffectation des interventions annulées pour un report effectif. Avec l'analyse systématique permise par notre méthodologie, la « Réserve » est ainsi apparue comme une méta-fonction portée par un seul artefact (i.e. le Tableau d'Activité) : méta-fonction car intégrative de fonctions et informations variées portées par plusieurs artefacts.

La partie suivante présente le processus de conception visant à développer l'outil informatique national pour suppléer les Tableaux d'Activité locaux et nous proposons un focus particulier à la question de la « Réserve ».

LE PROJET DE CONCEPTION DU TABLEAU D'ACTIVITE

Comme une dernière étape au développement du Tableau d'Activité, l'entreprise a souhaité lancer un projet de conception d'un outil informatique national pour remplacer les Tableaux d'Activité locaux. Selon l'entreprise, ce processus de conception était doublement motivé par l'uniformisation d'un outil très important pour l'ordonnancement de la maintenance et sa nécessaire intégration dans le système d'information de l'entreprise. Ainsi, alors que de nombreuses fois le processus d'informatisation généralisé dans l'entreprise avait remis en question les Tableaux d'Activité locaux, et notamment leur intérêt, un retournement complet était effectué, reconnaissant alors le travail de conception dans l'usage réalisé par les Ordonnanceurs : la capitalisation de ce travail – par la conception institutionnelle du Tableau d'Activité – était décidée.

En qualité d'ergonome interne et en raison de notre connaissance de l'activité des Ordonnanceurs, notre participation était requise sur ce projet : notre contribution s'est appuyée en grande partie sur nos connaissances de l'instrument Tableau d'Activité (et son développement) et en posant le modèle de « la boucle de la conception » comme un mouvement général intéressant à suivre pour le processus de conception. Un groupe projet a été défini, composé notamment de plusieurs Ordonnanceurs. Un processus de conception participatif a pu débuter et le travail de l'ensemble des acteurs impliqués dans ce projet s'est rapidement avéré constructif. Dans cette communication, nous allons présenter le travail que nous avons réalisé suite à l'étude de la « Réserve », et notamment l'intérêt et les modalités de son intégration dans le nouveau Tableau d'Activité national.

Le cahier des charges : spécification d'une « Réserve »

Dans la partie précédente, nous avons présenté la genèse instrumentale réalisée par un Ordonnanceur aboutissant à la création de la « Réserve ». Il est à noter que ce n'est en rien un phénomène isolé : en effet, d'autres Ordonnanceurs ont eux aussi développé une telle fonction associée à leur Tableau d'Activité personnel, même si ce n'est pas le cas de tous. Au moment de l'établissement du cahier des charges, une attention tout particulière a donc été portée au besoin d'une « Réserve » dans le futur Tableau d'Activité national. Autrement dit, le groupe projet a été mis devant le choix suivant : imposer à tous – aux 12 Ordonnanceurs – la fonction « Réserve » ou bien la retirer à ceux qui l'avaient créée et l'utilisaient (et qui la considéraient comme une fonction très importante de leur Tableau d'Activité personnel).

Parmi les éléments objectifs considérés pour parvenir à une décision, la description de l'activité d'un Ordonnanceur utilisant sa « Réserve » comme le résultat de notre analyse systématique valorisant la « Réserve » comme une méta-fonction ont permis de montrer sa pertinence et la décision a donc été prise par le groupe projet d'en faire une fonction constituante du futur Tableau d'Activité national, sous le nouveau nom de « Panier ».

Le « Panier » : résultats en terme de conception

Le « Panier » a conservé les principales caractéristiques de la « Réserve ». Il est toujours situé dans la partie basse du Tableau d'Activité et permet de déplacer les interventions d'une case du tableau vers le « Panier » et inversement, grâce à un cliquer/glisser avec la souris, comme par exemple :

- A : déplacer une intervention affectée (un intervenant et un jour donnés) vers le « Panier » (où seul le jour est déterminé) ;
- B : affecter une intervention : préciser l'intervenant et conserver ou non le jour de réalisation ;
- C : déplacer une intervention dans le « Panier » : pour modifier le jour de réalisation par exemple.

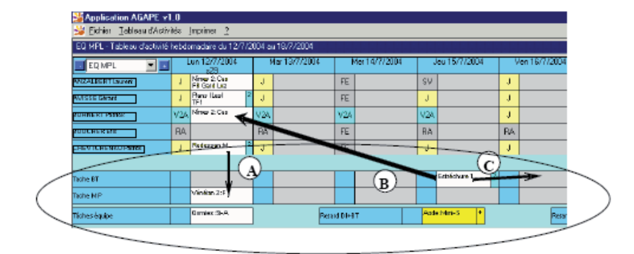


Figure 5 : Le « Panier » du Tableau d'Activité national
L'enrichissement des fonctionnalités du Tableau d'Activité et du « Panier ».

L'étude plus poussée des différentes « Réserves » comme l'analyse de l'utilisation que certains Ordonnanceurs faisaient de leur Tableau d'Activité ont fait émerger d'autres fonctionnalités, importantes à intégrer dans le futur Tableau d'Activité national.
A la suite, nous présentons deux exemples qui illustrent bien là aussi selon nous, sur un plan pratique, le modèle de « la boucle de la conception ».

Coller des « post-it » dans le Tableau d'Activité : d'un schème d'utilisation à une nouvelle fonction et un nouveau mode opératoire. L'étude, dans chacune des unités de maintenance, de l'artefact Tableau d'Activité a fait apparaître un point commun : de nombreuses annotations sont portées sur les Tableaux d'Activité, sur leurs bords très souvent et dans la partie basse lorsqu'ils ne disposent pas de « Réserve ». Des informations sont aussi parfois inscrites sur des post-it, collés sur le Tableau d'Activité papier. L'analyse de l'activité médiatisée par l'instrument Tableau d'Activité a montré par la suite que, tout au long de la semaine, les Ordonnanceurs inscrivent, rayent et réécrivent de nombreuses informations relatives aux interventions : c'est pour nous un schème, le « schème de dépôt d'informations complémentaires aux interventions ». Pour les Ordonnanceurs qui n'ont pas créés de « Réserve », ce sont même souvent les interventions déprogrammées à reprogrammer qui sont ainsi réparties autour des cases du Tableau d'Activité. Le « Panier » a permis de limiter et concentrer un grand nombre de ces informations. Cependant, il est apparu nécessaire de proposer la nouvelle fonction « Créer un post-it » pour répondre au besoin spécifique de déposer dans le Tableau d'Activité des informations complémentaires aux interventions (cf. Figure 5).

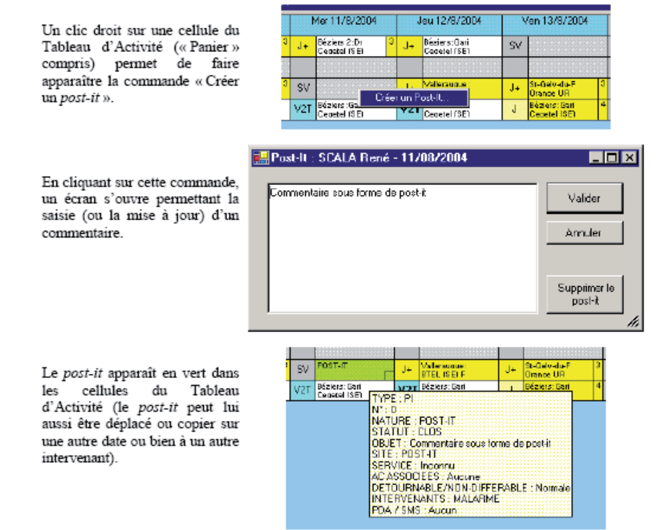


Figure 6 : La fonction « Créer un post-it ».

La récupération des interventions en retard : d'un schème d'utilisation à une nouvelle fonction et un nouveau mode opératoire. L'analyse de l'activité des Ordonnanceurs lors de l'utilisation du Tableau d'Activité a permis aussi de mettre en évidence un autre schème : le « schème de récupération des interventions en retard ». Lorsqu'ils élaborent leur Tableau d'Activité en début de semaine (semaine n), les Ordonnanceurs qui n'ont pas de « Réserve » réalisent les mêmes séquences d'action : ils reprennent leur Tableau d'Activité de la semaine passée (semaine n-1) et recherchent les interventions déprogrammées à reprogrammer, et qui constituent les « interventions en retard ». Dans certains cas, ils s'appuient aussi sur les post-it collés sur la Tableau d'Activité papier (et parfois même des brouillons) sur lesquels sont notées diverses informations, potentielles traces de conservation d'une intervention en retard. Quant à ceux qui ont une « Réserve », ils retrouvent directement les interventions en retard dans les cases de la « Réserve » du Tableau d'Activité de la semaine passée (semaine n-1). Ainsi, une fonction supplémentaire a été implémentée dans le « Panier » qui permet de récupérer et d'afficher l'ensemble des interventions en retard. Par déplacement dans le Tableau d'Activité, celles-ci pourront ensuite être affectées (cf. Figure 6).

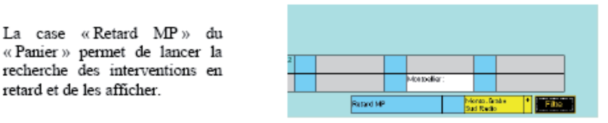


Figure 7 : La fonction « Interventions en retard ».

CONCLUSION

En remontant à ses origines et en déroulant son développement, nous avons pu voir que le Tableau d'Activité est un outil conçu par et pour l'usage. Il apparaît être le fruit autant d'un développement individuel (réalisé par son utilisateur, l'Ordonnanceur) que d'une dynamique évolutive liée à la communauté des Ordonnanceurs et à

l'entreprise et son évolution organisationnelle [1, 15, 16]. Cependant, le projet de conception lancé par l'entreprise a représenté un tournant décisif pour cet outil et ses fonctions constituantes et modes opératoires ont dû être définis et formalisés. En nous basant sur les fonctions constituées et les schèmes d'utilisation associés à l'artefact Tableau d'Activité, le nouvel outil informatique a, pour une grande part, intégré le produit de la conception dans l'usage réalisé par les Ordonnanceurs (sur une période très importante, de plus de 10 années). Le cahier des charges a donc été construit sur cette base et le processus de conception – fait de nombreuses itérations et de la participation réelle des utilisateurs – a permis, selon nous, de respecter les besoins des futurs utilisateurs du nouveau système technique, besoins d'ailleurs pas toujours exprimés mais portés intrinsèquement par l'instrument Tableau d'Activité, par l'artefact et les schèmes associés. Aujourd'hui, plusieurs années après le déploiement du Tableau d'Activité national, nous avons pu recevoir des retours positifs sur son utilisation par les Ordonnanceurs, laissant penser à une intégration réussie dans les situations de travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bourmaud, G. *Les systèmes d'instruments : méthodes d'analyse et perspectives de conception.* 2006. Thèse de psychologie ergonomique. Université Paris 8. Disponible à l'adresse : http://hal.inria.fr/aut/Gaetan+Bourmaud/
2. Rabardel, P. *Les hommes et les technologies, Approche cognitive des instruments contemporains.* 1995. Colin, Paris.
3. Gaillard, J.P. *Psychologie de l'homme au travail.* 1997. Dunod, Paris.
4. Henderson, H., Kyng, M. There's No Place Like Home: Continuing Design in Use in *Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems*. Greenbaum, J., Kyng, M., (Eds.), 1991. NJ: Laurence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, pp. 219-240.
5. Rabardel, P. Des instruments et des hommes : propositions pour une conception centrée utilisateurs in *Design Recherche, Research Innovation Revue, Revue scientifique de la conception et du développement des produits industriels*. Paris. N°10, 1997, pp. 7-20.
6. Béguin, P. *Travailler avec la CAO en ingénierie : de l'individuel au collectif dans les activités avec instruments.* 1994. Thèse de Doctorat d'Ergonomie du CNAM, Paris.
7. Béguin, P. Le schème impossible, ou l'histoire d'une conception malheureuse in *Design Recherche, Research Innovation Revue, Revue scientifique de la conception et du développement des produits industriels*. Paris. N°10, 1997, pp. 21-39.
8. Vicente, K. J. *Cognitive Work Analysis: Toward Safe Productive and Healthy Computer-based Works*. 1996. NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale.
9. Vygotsky, L.S. La méthode instrumentale en psychologie in *Vygotsky aujourd'hui*, Schneuwly, B., Bronckart, J.P. (Eds.), 1930, Delachaux et Niestlé.
10. Vygotsky, L.S. *Mind in society, the development of higher psychological processes*. M. Cole and al. (Ed.), 1931 – 1978, Harvard University Press, Cambridge, Massachussetts.
11. Léontiev, A. *Activité, conscience, personnalité*. 1975, Editions du progrès. Moscou.
12. Léontiev, A. *Problems of the development of mind*. 1981, Editions du progrès. Moscou.
13. Engeström, Y. *Learning, Working and imagining, twelve studies in activity theory*, 1990, Orienta-Konsultit OY, Helsinki.
14. Kaptelinin, V. Computer Mediated Activity: Functional Organs and Developmental Contexts in *Context and consciousness, activity theory and Human Computer Interaction*, Nardi B.A. (Ed.), 1996, MIT Press, Cambridge.
15. Rabardel, P., Bourmaud, G. From computer to instrument system: A developmental perspective. *Interacting with computers: the Interdisciplinary Journal of Human Interaction*, 15 (5), 2003, pp. 666-691.
16. Rabardel, P., Bourmaud, G. Instruments et systèmes d'instruments in *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*. Rabardel, P., Pastré P. (Eds.), 2005, Octarès, Paris.
17. Forzy, J. F. Assessment of a Driver Guidance System: A Multi-level Evaluation in *Transportation, Human Factors*, 1;3, 1999, pp. 273-287.
18. Francastel, J.C. *La fonction Maintenance. De l'expression à la satisfaction du besoin*. 1999, AFNOR, Paris.
19. Bourmaud, G. L'organisation systémique des instruments : méthodes d'analyse, propriétés et perspectives de conception ouvertes. *Colloque de l'Association pour la Recherche Cognitive - ARCo'07 : Cognition – Complexité – Collectif*, 2007, pp. 61-76.

Évaluation des systèmes mobiles et ubiquitaires : proposition de méthodologie et retours d'expérience

Francis JAMBON, Nadine MANDRAN, Brigitte MEILLON et Christian PERROT

Laboratoire d'Informatique de Grenoble / Équipe MultiCom
Bâtiment C , BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France
E-mail : {Prenom.Nom}@imag.fr

RESUME

L'évaluation des systèmes interactifs mobiles et ubiquitaires par l'intermédiaire des tests utilisateurs semble a priori plus pertinente sur le terrain qu'en laboratoire d'utilisabilité. Les résultats de la littérature sont pourtant contradictoires. Après avoir défini la problématique, nous proposons trois approches possibles : laboratoire, terrain et situation réelle. Nous proposons ensuite une méthodologie et une technique adaptées à l'évaluation en situation réelle. Enfin, nous illustrons notre approche théorique par deux expérimentations et en donnons des retours d'expérience. Nous concluons ensuite sur les limites méthodologiques et techniques de notre approche.

MOTS CLES : systèmes mobiles, informatique ubiquitaire, évaluation en situation réelle.

ABSTRACT

The evaluation of mobile and ubiquitous interactive systems via user testing seems more relevant in the field than in usability laboratory. However, the results of the literature are contradictory. After having defined the problems, we propose three possible approaches: laboratory, field and reality testing. Then, we propose a methodology and a technique adapted to the evaluation in reality testing. At last, we illustrate the theoretical approach by two experiments and give experience feedbacks of them. We conclude on the methodological and technical limits of our approach.

KEYWORDS: mobile devices, ubiquitous computing, reality testing.

INTRODUCTION

Les systèmes mobiles ont franchi, il y a quelques années déjà, le seuil de la maturité technique et ont trouvé un réel usage auprès de nombreux utilisateurs. Citons par exemple le système de géolocalisation et de routage pour voiture TomTom® ou les téléphones mobiles permettant de lire le courrier électronique BlackBerry®. Évolution de ces systèmes mobiles, les systèmes dits ubiquitaires, que l'on regroupe souvent sous le terme plus général d'intelligence ambiante, sortent progressivement de l'état de maquette de laboratoire pour être mis en oeuvre dans le monde réel, par exemple dans les musées [19].

Ces deux catégories de systèmes permettent la mobilité de l'utilisateur, que ce soit *avec* le système (cas des systèmes mobiles) ou *dans* le système (cas des systèmes ubiquitaires). En outre, le principal intérêt de ces systèmes est d'être sensibles à leur environnement (géolocalisation, disponibilité des réseaux de communication, identification de l'utilisateur, etc.). Ces deux caractéristiques, qui font l'essence même de ces systèmes, ouvrent de nouvelles perspectives concernant les méthodologies adaptées à leur évaluation. En effet, l'évaluation par l'intermédiaire des tests utilisateur de tels systèmes impose de se placer dans le contexte qui donne tout le sens à leur usage. Ce n'est donc pas seulement un « système interactif » que l'on doit évaluer, mais plus généralement un « environnement interactif ». Toute la difficulté est de définir puis re-créer cet environnement.

Dans cet article, nous explicitons la problématique et les principaux travaux du domaine qui nous ont amenés à l'évaluation des systèmes interactifs en situation réelle. Nous détaillons ensuite la méthodologie que nous proposons pour leur évaluation, ainsi que ses limites. Enfin, à la lumière des expérimentations que nous avons menées, nous décrivons notre retour d'expérience à la fois méthodologique et technique, puis concluons sur la faisabilité de telles expérimentations.

PROBLEMATIQUE

Afin d'évaluer un système mobile ou un ensemble de systèmes participant à de l'intelligence ambiante, il est nécessaire de placer l'utilisateur dans l'environnement interactif tout en gardant assez de contrôle et introspection sur cet environnement pour pouvoir analyser l'interaction entre l'utilisateur et le système ou l'ensemble de systèmes.

Environnement interactif

En premier lieu, il est nécessaire de déterminer quels sont les éléments de cet environnement qui seront pertinents vis-à-vis des objectifs de l'évaluation. Puis, en second lieu, définir comment l'utilisateur peut être placé en interrelation avec ces éléments, soit en les simulant, soit en faisant appel à des éléments issus du monde réel. Du point de vue de l'évaluation, nous

proposons de regrouper les éléments de l'environnement interactif selon quatre catégories :

- *l'utilisateur* (ou les utilisateurs dans le cas d'un environnement collaboratif) ;
- le ou les *dispositifs* en interaction directe avec l'utilisateur ;
- les *tâches* liées aux dispositifs évalués ;
- le *contexte*, que nous définissons comme complémentaire des trois éléments précédents, c'est-à-dire, les autres utilisateurs, les autres dispositifs au sens large (le monde) et l'activité de l'utilisateur sans rapport direct avec le dispositif évalué.

Dans le cadre des systèmes ubiquitaires notamment, faire la distinction entre éléments pertinents et non pertinents du contexte est parfois difficile, car par définition ces systèmes font corps avec leur environnement. En effet, certains éléments du contexte participent directement à l'interaction, alors que d'autres font partie de « l'ambiance générale » et ont un rôle bien moindre, sans toutefois pouvoir être considérés comme négligeables. C'est par exemple le cas des conditions météorologiques dans une station de ski, de l'affluence dans un musée, etc. La question que l'on doit se poser est : quel est le degré de réalisme nécessaire à l'expérimentation pour assurer la validité des analyses ?

Laboratoire ou terrain ?

Une première approche consiste à simuler l'ensemble des éléments du contexte avec plus ou moins de réalisme, il s'agit là d'expérimentations en laboratoire d'utilisabilité, dont la méthodologie est bien connue. On peut également choisir une approche opposée et se placer dans un contexte réel où ces éléments sont déjà présents. Dans ce dernier cas, on devrait avoir a priori une plus grande validité de l'évaluation, car tous les éléments du contexte sont présents et bien réels, mais au prix d'une plus grande complexité de mise en oeuvre des expérimentations, et une plus grande variabilité des conditions expérimentales.

De nombreux auteurs ont cherché à déterminer si le fait de se placer dans le contexte réel apportait véritablement une plus grande validité aux évaluations. Nous avions précédemment réalisé un état de l'art de ces travaux [9, 10]. Cependant, de récents résultats issus de la littérature, ainsi que les retours d'expérience de nos propres expérimentations nous ont amenés à remettre en cause certains points importants de cet état de l'art.

Les auteurs font généralement une seule distinction entre le laboratoire d'utilisabilité et le terrain. La notion de terrain n'est pas définie précisément, mais plutôt vue comme l'opposé du laboratoire d'utilisabilité. Il y a un consensus de fait à présenter les expérimentations de terrain comme revenant à placer l'utilisateur dans l'environnement « naturel » de l'usage attendu du dispositif étudié. On parle parfois de situation « écologique ». Par exemple, un PDA destiné à des infirmières sera évalué dans un hôpital [14].

Dans le vocabulaire anglo-saxon, plusieurs termes sont utilisés pour décrire ce type de protocole expérimental. Les plus usités sont « field experiments » [6] ou expérimentations « in the wild » [20]. Lors d'ateliers, d'autres termes ont été utilisés tels que « reality testing » et « non-traditional environements »[1] ou encore « in situ »[2]. Le terme « quasi-experimentations » [18] a aussi été utilisé dans une publication. Il n'existe pas à notre connaissance de tentative d'uniformisation de ces appellations, même si le terme *in situ* nous semble le plus approprié.

Les résultats des approches comparatives sont variés. Kjeldskov notamment s'est intéressé en profondeur à ce problème. Si nous étudions ses travaux par ordre chronologique, nous constatons que dans un premier temps, il détecte peu de différences entre laboratoire et terrain lors de l'évaluation d'un dispositif mobile destiné à un hôpital [14]. Une étude plus poussée concernant six méthodes semble montrer que l'évaluation statique (assis à une table) détecte plus de problèmes que toutes les autres, notamment le terrain [15]. Nous serions alors facilement tentés de conclure que les évaluations effectuées sur le terrain ne se justifient pas.

Plus tard, le même auteur a réalisé une nouvelle étude qui donne des résultats encore différents : les intersections entre les problèmes détectés par quatre méthodes sont importantes pour les problèmes critiques, partielles pour les problèmes sérieux et faibles pour les problèmes de niveau cosmétique [13]. Enfin, plus récemment, Duh et al. [3] remettent en cause toutes ces études en montrant qu'au contraire le terrain apporte plus de détection de problèmes ergonomiques que le laboratoire d'utilisabilité. Le travail de Duh et al. est d'autant plus intéressant que les auteurs utilisent la même classification de la sévérité des problèmes ergonomiques que Kjeldskov et al. [17] avec un protocole expérimental très similaire à celui de Kaikkonen et al. [12] qui concluaient au contraire que les différences étaient minimes...

Ces travaux mènent à la conclusion que non seulement il n'y a pas de consensus concernant l'intérêt des expérimentations sur le terrain, mais aussi que les résultats expérimentaux des comparaisons entre laboratoire et terrain sont difficilement reproductibles.

Dans la quasi-totalité des études pré-citées, le protocole expérimental était identique en laboratoire et

---

[1] Reality Testing workshop (CHI'2006) http://www.cs.indiana.edu/surg/CHI2006/

[2] In-Situ workshop (MobileHCI'2007) http://insitu2007.freeband.nl/

sur le terrain, avec notamment la présence d'un facilitateur, parfois aussi celle d'un caméraman, et de dispositifs de prise de vue apparents dans l'entourage de l'utilisateur. L'intérêt de cette démarche est de pouvoir comparer les deux approches en ne considérant pas le protocole expérimental comme une variable indépendante. Du point de vue méthodologique, cela revient à considérer le terrain comme une extension du laboratoire au sens où l'utilisateur, le dispositif, le facilitateur et l'instrumentation nécessaires à l'évaluation sont simplement « déplacés » dans un contexte réel.

Or, lors des expérimentations dites « de terrain », la tâche de l'utilisateur, son activité générale, ses relations sociales, etc. sont contraintes par le protocole expérimental. Par exemple, Kjeldskov et al. [15] ont observé que l'ensemble {utilisateur, facilitateur, caméraman} peut créer un « effet de groupe » : lors de leurs expérimentations, les personnes de l'entourage s'écartaient lors du passage du groupe et n'osaient pas s'immiscer dans l'activité de l'utilisateur. Ceci introduit un biais car l'utilisation du dispositif s'effectue alors dans une sorte de bulle de protection, supprimant notamment l'occurrence d'interruptions. Nous avons constaté le même effet lors de nos expérimentations, où les personnes connaissant un utilisateur ont eu des réticences à le saluer lors de son passage [10]. Au contraire, lorsque l'utilisateur est laissé sans accompagnateur, Isomursu et al. [8] ont observé des modifications significatives dans la qualité des commentaires rapportés.

METHODOLOGIE

Terrain, situation réelle et « Principe d'incertitude »

Notre hypothèse [9] est qu'il n'y a pas deux configurations possibles mais plutôt trois : le laboratoire, le terrain et la situation réelle. Cette dernière configuration se caractérise par une absence quasi-totale de contraintes liées à l'expérimentation. En effet, nous supposons que les différences entre le laboratoire d'utilisabilité et le terrain sont peu déterminantes car le protocole expérimental est finalement très similaire, du fait notamment de la présence de personnels et dispositifs, mais aussi et surtout du fait que la tâche est imposée par la consigne.

Plus formellement, comparée au **laboratoire d'utilisabilité**, la situation est dite **sur le terrain** lorsque (1) le *contexte d'usage* du dispositif est réel, c'est-à-dire que l'évaluation doit avoir lieu dans le contexte où le dispositif est censé être utilisé, et (2) le *dispositif et les données* utilisés par les utilisateurs doivent être perçus comme réels, même si des techniques de Magicien d'Oz sont mises en œuvre. La situation est dite **en situation réelle** si de plus, (3) la *tâche de l'utilisateur* n'est pas imposée, mais découle de la situation vécue, et (4) les *dispositifs et personnels liés à l'évaluation* (systèmes de recueil de données et personnes accompagnant l'utilisateur sur le terrain) sont hors du champ de vision de l'utilisateur.

Peu d'expérimentations en situation réelle sont relatées dans la littérature. Citons cependant celles de Demumieux et Losquin [2] qui se focalisent sur le recueil des données sur le terrain, ou celles que nous-même avons réalisées et qui s'intéressent principalement à la méthodologie [9, 11]. Cette quasi-absence d'expérimentations en situation réelle peut s'expliquer par le fait que ce type d'expérimentations est très difficile à mettre en oeuvre, et que la valeur ajoutée de ce protocole n'a pas encore été démontrée, et qu'elle est difficile à démontrer.

En effet, en l'absence de facilitateur, de caméraman et de dispositifs visibles d'acquisition de données, l'analyse des interactions entre l'utilisateur et le système devient difficile. On doit se limiter le plus souvent aux traces enregistrées par les dispositifs (enregistrement des actions de l'utilisateur, accès réseau, etc.). Si, via les traces, la détection des principaux problèmes ergonomiques est possible, nous avons montré que leur explicitation reste un problème [10]. Sont également exclus du protocole l'usage d'un journal de bord ou la technique des incidents critiques [5] car ils modifient l'activité de l'utilisateur. Il est possible d'effectuer des entretiens qualitatifs à la fin de l'expérimentation. Ils sont bien adaptés à des questions relatives à l'usage, mais ils sont beaucoup moins adaptés si l'on se focalise sur les détails de l'interaction, car l'utilisateur risque d'oublier une partie des difficultés rencontrées.

Nous nommons cette contrainte « **Principe d'incertitude** » du fait de sa proximité sémantique avec celui énoncé par Heisenberg concernant la physique quantique, et qui dans notre contexte, peut s'énoncer ainsi : « *il n'est pas possible à la fois d'observer précisément une situation d'interaction homme-machine sans, par effets de bord, la perturber* ». Un principe similaire peut se rencontrer en ethnologie [16]. Ce principe a pour conséquence de placer les expérimentateurs devant un difficile dilemme : soit ils choisissent d'observer avec précision en acceptant de nombreux biais, soit ils minimisent les biais, mais ne disposeront alors que d'observations très limitées, avec pour conséquence de minimiser l'intérêt de l'étude.

Même s'il n'est pas a priori possible de transgresser ce principe d'incertitude, notre objectif a été de définir un protocole expérimental permettant de minimiser les biais tout en garantissant que nous disposerions d'assez d'informations pour appréhender la situation et ainsi réaliser l'évaluation. Il n'est bien entendu pas possible de faire abstraction du fait même que l'utilisateur ait connaissance d'être dans le cadre d'une expérimentation, pour des raisons déontologiques évidentes. Nous avons donc tout d'abord cherché à tirer le maximum des traces issues des dispositifs, puis

nous nous sommes intéressés au moyen d'introduire des dispositifs d'observation sans qu'ils soient vus comme tels.

La technique du « Cheval de Troie »

En situation réelle, il est nécessaire de se passer de caméraman. Sa présence n'est pas nécessaire si l'on dispose d'une instrumentation adéquate. Cette instrumentation reste problématique car aujourd'hui encore, elle n'est pas assez miniaturisée pour se faire oublier. Les caméras col-de-cygne permettant de capturer l'interaction avec les dispositifs mobiles sont un exemple de dispositif utile mais trop intrusif.

C'est pourquoi, plutôt que de chercher à masquer les dispositifs d'instrumentation, notre idée a été de les faire passer pour ce qu'ils ne sont pas. Cette technique est de la même inspiration que celle du Magicien d'Oz, au sens où l'on masque certains aspects du protocole d'évaluation à l'utilisateur. Nous l'avons nommée « Cheval de Troie », car elle est basée sur le double-usage des dispositifs liés à l'instrumentation : le premier usage est voyant mais sa présence est justifiée, le second usage est masqué. Ainsi, pour un dispositif d'instrumentation donné, nous présentons à l'utilisateur ce dispositif comme faisant partie du système ou de l'environnement étudié. Mais en fait, ce dispositif sert également à capturer les informations nécessaires à l'évaluation.

Par exemple, pour l'évaluation d'un dispositif destiné à des skieurs [9], la mini-caméra disposée sur le casque de chacun des skieurs avait pour premier usage d'enregistrer le vécu du skieur afin de pouvoir lui re-jouer sur son *smartphone*. Cette mini-caméra permettait aussi de filmer l'interaction du skieur avec son *smartphone*, et de ce fait, elle permettait de faciliter l'évaluation. Cette technique nous avait semblé être a priori non reproductible. Nous l'avons néanmoins reproduite, sous une forme différente, lors de l'expérimentation au Muséum de Lyon : la carte distribuée aux visiteurs faisait partie de la scénographie et permettait, en même temps, l'étude du parcours des visiteurs [11].

En pratique, la technique du « Cheval de Troie » est généralisable dans de nombreux cas. Deux approches sont possibles :

- Si le système ou l'environnement dispose déjà d'un dispositif ayant potentiellement les capacités d'acquisition des données souhaitées, il s'agit de le compléter, par exemple par un système d'enregistrement ou par l'installation d'équipements complémentaires. Dans ce cas, la justification de la présence du dispositif est aisée.
- Si le système ou l'environnement ne contient pas ce dispositif, il faut l'y ajouter en le faisant passer pour une fonctionnalité supplémentaire, mise à disposition de l'utilisateur, même si elle ne sert à rien du point de vue de l'expérimentation. Par exemple, si l'on souhaite étudier l'usage géolocalisé des fonctions d'un téléphone mobile, il faudra que le téléphone dispose aussi d'un GPS mis à disposition de l'utilisateur et présenté comme une des fonctionnalités testées, même si l'expérimentation ne s'intéresse qu'à l'envoi de SMS.

Il existe néanmoins certains cas où cette technique n'est pas utilisable, de manière générale dans tous les cas où la présence d'un dispositif n'est pas justifiable ou semble incongrue. Par exemple, il sera délicat de justifier l'usage d'une mini-caméra si l'on souhaite évaluer un dispositif grand public destiné à donner les horaires de bus. Une attention particulière doit être portée à l'aspect déontologique du protocole expérimental. Il est impératif d'informer les utilisateurs de l'ensemble des données recueillies et enregistrées. Cependant, cette technique exige de cacher en partie l'usage réel des données en début d'expérimentation. Dans tous les cas, les utilisateurs doivent être informés complètement, à la fin de l'expérimentation, des données collectées et il est nécessaire de recueillir leur consentement pour l'utilisation réelle de ces données. Si, de plus, des données personnelles sont utilisées, une déclaration à la CNIL est alors obligatoire.

Utilisabilité et/ou Usage ?

Comparé au laboratoire d'utilisabilité, l'intérêt principal du terrain est d'apporter les éléments du contexte qui vont rendre l'évaluation plus pertinente [3]. Cependant, l'évaluation peut être moins complète du fait que l'utilisateur va oublier de signaler certains problèmes ou omettre certaines des tâches indiquées dans la consigne [14]. Le protocole expérimental étant peu différent du laboratoire d'utilisabilité, notamment la tâche de l'utilisateur étant imposée, les problèmes ergonomiques détectés dépendront directement du choix du scénario. Ainsi, il n'est pas surprenant que les problèmes détectés sur le terrain soient similaires en type et en nombre dans ces deux situations. Si l'environnement est peu contraint, le terrain peut apporter son lot d'événements permettant de rendre l'évaluation plus réaliste. C'est donc avant tout des problèmes d'utilisabilité que l'on va détecter, mais resitués dans le contexte d'usage réel du système. Par exemple, si un écran de PDA est inadapté à la luminosité extérieure, ce problème ne sera pas détecté en laboratoire d'utilisabilité, mais le sera sur le terrain.

Concernant les expérimentations en situation réelle, le protocole expérimental change radicalement. En effet, le facilitateur ne peut plus intervenir et l'utilisateur n'a pas a priori de tâches imposées. Il va donc « vivre sa vie » avec le système. Deux types de résultats seront obtenus : des statistiques d'usage du dispositif, c'est-à-dire les tâches que l'utilisateur a souhaité effectuer, et l'utilisabilité « filtrée par l'usage », c'est-à-dire les problèmes ergonomiques liés aux tâches effectuées

dans le contexte d'usage. Ces tâches étant un sous-ensemble des tâches possibles, il est cohérent que le nombre de problèmes ergonomiques détectés en situation réelle soit bien moindre qu'en laboratoire d'utilisabilité ou que sur le terrain. Néanmoins, les problèmes ergonomiques détectés gagnent en pertinence car ils ont été mis en lumière par l'usage réel du dispositif.

De notre point de vue, il existe un continuum entre le laboratoire et la situation réelle, de l'utilisabilité vers l'usage (figure 1). Les trois approches sont donc plus complémentaires qu'opposées. Le laboratoire permet de déterminer en profondeur les problèmes ergonomiques posés par le système interactif, selon le ou les scénarios choisis. Le terrain affine ces problèmes en fonction du contexte d'usage, qui va influer sur les conditions d'utilisation des fonctionnalités mises en oeuvre par l'utilisateur. Enfin, la situation réelle permet de finaliser l'étude en insistant sur les fonctionnalités qui font sens pour l'utilisateur dans le contexte où il est.

Le choix d'une configuration est déterminé par les objectifs de l'évaluation mais aussi les possibilités du système testé. En effet, en laboratoire, il est possible d'utiliser des maquettes (par exemple via la technique du Magicien d'Oz), ce qui est quasiment impossible en situation réelle où le système doit être perçu comme pleinement opérationnel.

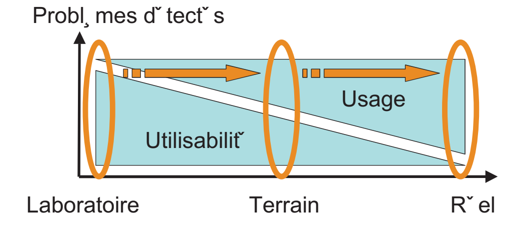


Figure 1 : Typologie des problèmes détectés en fonction des approches *laboratoire*, *terrain* et *situation réelle*

L'ordre « naturel » pour un dispositif donné consiste à effectuer les trois types d'évaluation dans l'ordre laboratoire → terrain → réel, de manière à disposer progressivement d'un système dont les problèmes ergonomiques auront été éliminés avant de s'intéresser à son usage. Cette approche présente néanmoins un défaut : si certaines des fonctionnalités ne font pas sens à l'utilisateur, elles auront néanmoins été mises au point, à grands frais, lors des deux étapes précédentes.

Il est possible aussi de prendre le contre-pied de cet ordre « naturel » et de suivre un ordre inverse : réel → terrain → laboratoire. L'idée ici est de détecter les usages qui font sens en amont avant de se concentrer ensuite sur leur mise au point. Le défaut de cette approche est qu'un problème ergonomique bloquant pour l'utilisateur va donner de faux résultats négatifs sur l'usage, c'est-à-dire qu'une fonctionnalité inutilisable ne sera tout simplement pas utilisée...

De manière générale, il est également possible d'utiliser les trois configurations de manière opportuniste, selon un cycle de développement plus général comme nous l'avons proposé sous la forme des Moments de la conception [1]. Ici, chaque type d'évaluation est un Moment. Libre aux concepteurs, en fonction de leurs besoins et de l'évolution du projet, de choisir les configurations et l'ordre dans lequel elles seront testées.

Il faut également garder à l'esprit que par définition nous n'avons que peu de contrôle sur le contexte réel. Donc, les conditions expérimentales peuvent varier considérablement. Cette caractéristique fait l'intérêt de cette configuration mais apporte en corollaire un risque de variabilité des résultats. Il est donc préférable d'avoir des expérimentations qui couvrent toute la variété des cas d'usage des dispositifs étudiés, et ce, dans la durée. En effet, si un événement est récurrent, il est probable qu'il se produira sur la durée d'une campagne d'évaluation.

Les configurations laboratoire et terrain ayant déjà été bien étudiées dans la littérature, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la situation réelle, nous concentrant de fait sur l'usage et l'utilisabilité filtrée par l'usage.

RETOURS D'EXPERIENCE

Dans le cadre des projets *RNTL Adamos* et *Région Rhône-Alpes IMERA,* nous avons mené deux expérimentations en situation réelle. Pour notre équipe, l'intérêt de ces expérimentations était double : valider notre approche méthodologique et s'assurer de la faisabilité et du passage à l'échelle de l'approche. En préalable à ces expérimentations, nous avions conduit une méta-évaluation destinée à estimer la validité et la complétude des résultats issus des traces que l'on peut obtenir en situation réelle [10].

Journée E-Skiing

Le contexte de cette première expérimentation était de tester l'usage fait par un groupe de skieurs d'un service proactif leur permettant « d'enrichir » leur journée de ski. De manière secondaire, nous nous intéressions à l'ergonomie générale de l'interface de restitution. Ce service était composé d'un ensemble de capteurs associés à des enregistreurs (vidéo, accélération, et position géographique) portés par les skieurs et d'une interface de restitution (*smartphone*) qu'ils emmenaient aussi avec eux (figure 2).

Au cours de la journée, les données issues des capteurs étaient enregistrées, et les skieurs, sur les pistes, étaient prévenus de manière proactive que de nouvelles informations sur leurs précédentes descentes étaient disponibles. Ils pouvaient alors consulter individuellement, grâce au *smartphone* : le chemin parcouru, la distance et le temps de descente, la vitesse maximale, le coefficient d'engagement (lié à l'accélération) et la vidéo de leur descente.




Figure 2 : Casque équipé d'une mini-caméra et d'un accéléromètre (à gauche) et *smartphone* implémentant l'interface de restitution mobile (à droite).

Cette expérimentation mettait en oeuvre en situation réelle des technologies très innovantes et donc parfois peu fiables. Nous n'avons testé qu'un seul groupe de skieurs car l'objectif principal n'était pas d'obtenir des résultats statistiquement pertinents, mais s'approchait plus du test d'un démonstrateur de concept. Nous avons mis en oeuvre la technique du « Cheval de Troie » pour les caméras et les GPS portés par les skieurs. Chacune des caméras permettait à la fois de filmer la descente des skieurs et leurs interactions avec les téléphones mobiles. Chacun des GPS permettait de calculer le parcours mais aussi de localiser les lieux d'usage du téléphone mobile. Les aspects techniques et les résultats de cette expérimentation peuvent être consultés dans [9].

Cette expérimentation a été précédée de nombreux tests techniques, en laboratoire, en extérieur, puis sur les lieux. Malgré ces tests, les enregistrements vidéos se sont révélés quasiment inexploitables pour l'analyse des interactions du fait d'un mauvais cadrage : le faible angle de vue des mini-caméras et les légers déplacements des casques au cours des descentes ont eu pour conséquence de placer hors champ les *smartphones*. C'est pourquoi l'utilisabilité du service n'a pas pu être étudiée par ce moyen. Elle a été évaluée dans la seconde partie de l'expérimentation.

Néanmoins, les traces issues des dispositifs et la géolocalisation via le GPS nous ont permis d'obtenir des résultats très intéressants concernant l'usage du service proposé. L'activité des skieurs a été reconstruite à partir de ces informations qui avaient été enregistrées en premier lieu pour faciliter la mise au point du système. Nous avons ainsi pu déterminer les moments où les skieurs étaient prévenus par les relevés de SMS et les moments où ils accédaient à l'information via les logs du serveur de données. Nous nous sommes ainsi aperçus du très faible usage du dispositif en général, et de son utilisation quasi-exclusive hors des pistes.

Dans une seconde partie de l'expérimentation, les skieurs ont été conviés à une réunion informelle et conviviale où une version sédentaire du service leur était présentée, celle qui est destinée à un usage « à la maison ». Cette réunion avait également pour objectif d'obtenir de leur part un retour sur l'usage qu'ils ont fait du service, selon une approche sociologique. La méthodologie utilisée, le « focus-group » se rapproche des entretiens semi-structurés. Elle ne faisait pas partie du protocole d'expérimentation en situation réelle, mais nous a été vitale pour la compréhension des usages détectés sur le terrain et pour estimer l'utilisabilité du système.

Exposition « ni vu – ni connu »

L'expérimentation associée à l'exposition « ni vu – ni connu »[3] au Muséum du département du Rhône avait un objectif complémentaire à l'expérimentation E-skiing. En effet, notre objectif était de prouver le passage à l'échelle des expérimentations en situation réelle. Nous avons donc augmenté la durée de l'expérimentation : quelques semaines au lieu d'une seule journée pour les skieurs. Nous avons aussi augmenté le nombre d'utilisateurs : plusieurs centaines de visiteurs au lieu d'un seul groupe de quatre skieurs. Cela nous a permis d'obtenir des résultats statistiquement exploitables.

Cette exposition, dont le thème était le camouflage, se proposait d'enrichir le parcours du visiteur d'une expérience sur la vie publique/vie privée vis-à-vis des paparazzi. Progressivement au cours de l'exposition, le visiteur était amené à fournir des informations personnelles et à être photographié à son insu. À la fin de l'exposition, lui était présentée la première page d'un journal à scandales fictif. Cette page contenait la photo du visiteur ainsi que son pseudonyme. Il était ensuite informé des techniques utilisées pour le « traquer » et des problématiques liées au respect de la vie privée.

Le fonctionnement de cet environnement ubiquitaire se basait sur la technologie des étiquettes radiofréquence (RFID). Lors de son entrée dans le musée, le visiteur se voyait remettre, en même temps que son ticket d'entrée, une carte avec un texte à trous. Une étiquette RFID était dissimulée dans cette carte (figure 3) et des lecteurs d'étiquettes RFID étaient dissimulés dans l'exposition, notamment à une borne de jeu, au passage devant des paparazzi fictifs, et à la borne de sortie. Reliés à un système d'information centralisé, ils permettaient, en croisant les données, de faire ressentir au visiteur un réel sentiment d'avoir été « traqué ».

[3] http://www.museum-lyon.org/expo_temporaires/ni_vu_ni_connu/

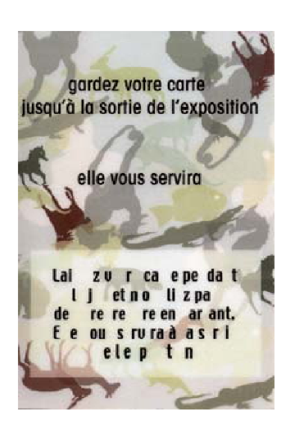




Figure 3 : Carte avec texte à trous remise aux visiteurs où était dissimulée une étiquette RFID (à gauche) et antennes des lecteurs disposés sur le parcours (à droite).

La demande d'évaluation de l'exposition était issue en premier lieu du scénographe qui désirait connaître l'affluence dans l'exposition « ni vu – ni connu » et plus précisément l'utilisation effective des bornes interactives ainsi que la fiabilité des techniques mises en oeuvre pour implémenter cette scénarisation. Plus généralement, les responsables des musées se préoccupent de connaître le comportement de leurs visiteurs selon les expositions proposées [4] et désirent également savoir comment les dispositifs interactifs installés sont utilisés. Or ces informations, pourtant basiques, ne sont très rarement disponibles et fiables.

L'objectif pour notre équipe étant le passage à l'échelle, nous avons choisi d'utiliser des technologies moins innovantes, mais beaucoup plus robustes que celles mises en oeuvre pour l'expérimentation E-skiing. Nous avons réutilisé l'infrastructure disponible pour l'exposition, en la complétant. Pour cela, nous avons ajouté un lecteur d'étiquettes RFID à l'entrée de l'exposition de manière à obtenir un horodatage fiable du point d'entrée. Un autre lecteur aurait dû se trouver en sortie de l'exposition. Les contraintes techniques et les aspects liés à la sécurité des personnes (largeur minimum des sorties) ne nous ont pas permis de le réaliser. Le système d'information a également été modifié de manière à permettre l'enregistrement et le téléchargement journalier des données. Ainsi, nous avons, tout comme dans l'expérimentation E-Skiing, détourné un dispositif présent dans l'environnement pour s'en servir comme dispositif de capture d'information sur le comportement de l'utilisateur. Des données à caractère personnel étant enregistrées, une déclaration à la CNIL a été effectuée. La CNIL était également partenaire de l'exposition.

Cette technologie avait déjà été mise en oeuvre dans plusieurs musées afin d'enrichir la visite d'une exposition (par exemple [7]). Cependant, à notre connaissance, cette technologie n'avait pas encore été utilisée afin d'évaluer de manière systématique l'usage fait par le visiteur de l'environnement ubiquitaire mis à sa disposition.

L'analyse des données s'est tout d'abord focalisée sur le filtrage des données incohérentes dues soit à des défaillances techniques, soit au non-respect de consignes lors de la distribution des cartes. Ensuite, un premier niveau d'analyse nous a permis de déterminer l'affluence de l'exposition : sur la période des trois semaines de l'expérimentation, 492 cartes ont été distribuées à des visiteurs. Un second niveau d'analyse a eu pour objectif de déterminer les temps de parcours et les types de parcours. Nous avons ainsi pu déterminer que près de la moitié des visiteurs ont effectué un parcours complet tel qu'il était prévu par le scénariste. Les aspects techniques et résultats de cette expérimentation peuvent être consultés dans [11].

L'expérimentation s'est déroulée sans trop de difficultés d'ordre technique. Précisons néanmoins que l'évaluation qui devait durer trois mois a été réduite aux trois dernières semaines de l'exposition du fait de retards dans les réglages des lecteurs et l'impression des cartes contenant les étiquettes RFID. Cela nous a confirmé que les aspects logistiques en situation réelle sont un véritable challenge. La limitation technique la plus contraignante a été la faible distance de détection pratique des étiquettes RFID, loin des performances supposées.

Les aspects liés au protocole expérimental ont été plus délicats à gérer, car nous n'avons pu nous apercevoir de leur existence qu'au moment de dépouiller les données. Dans le protocole expérimental en situation réelle, l'utilisateur ne reçoit pas de consignes spécifiques à l'évaluation, il n'y a donc pas de biais lié à cette consigne. Cependant, les personnels du musée peuvent apporter involontairement des biais. Par exemple, une des personnes de l'accueil n'a pas compris les consignes et n'a pas distribué de carte à tous les visiteurs. Ainsi, les données obtenues certains jours ne recensent pas l'ensemble des comportements des visiteurs. L'échantillon final que nous avons analysé peut donc éventuellement être biaisé, mais nous n'avons pas de moyen de contrôle ni d'estimation du biais.

Lors de l'analyse des données, l'absence d'enregistrements vidéo a rendu l'interprétation des anomalies dans les parcours délicate. Dans certains cas, ce sont les commentaires des personnels du musée, notamment les gardiens, qui nous ont permis de découvrir les raisons des comportements insolites détectés. Ce problème est générique à tout expérimentation en situation réelle lorsque l'on ne dispose pas de vidéo. En effet, le faible niveau sémantique des données recueillies peut rendre difficile l'interprétation des comportements, car le travail d'analyse consiste à inférer un comportement à partir des actions de bas niveau. Ceci se produit notamment dans les cas où ce comportement de l'utilisateur n'a pas du tout été anticipé.

Synthèse

Les expérimentations en situation réelle nous ont apporté des résultats très surprenants, au sens où ils n'étaient pas anticipés, mais de ce fait aussi très pertinents. C'est probablement là leur principal intérêt : mettre en lumière des comportements non attendus liés au contexte réel. Les aspects techniques et logistiques sont complexes mais gérables à condition d'avoir une organisation adaptée et une bonne gestion du temps. Il est également primordial de toujours enregistrer le plus de données possible, même a priori redondantes ou secondaires, car il arrivera naturellement des pannes des systèmes d'enregistrement ou plus probablement des situations inédites, et il faudra reconstituer des situations à partir d'indices issus des données jugées au départ secondaires.

Dans tous les cas, ces expérimentations requièrent beaucoup plus d'efforts que des expérimentations en laboratoire, d'un facteur deux à dix selon le contexte. Bien entendu, plusieurs tests dont un en situation quasi-identique sont nécessaires. Il est illusoire de croire qu'il est possible de tout prévoir car l'intérêt de la situation réel est justement l'occurrence des imprévus. Ces expérimentations souffrent également de ce que nous nommons le « syndrome du tir de fusée » : une fois qu'une expérimentation est lancée, il est très difficile de la contrôler. Si quelque chose a été oublié, c'est trop tard. Il faut soit laisser faire en acceptant une dégradation des conditions expérimentales, soit prendre la décision d'arrêter toute l'expérimentation.

CONCLUSION

Ces expérimentations nous ont permis (1) de confirmer que les expérimentations en situation réelle sont pertinentes et (2) de valider le protocole expérimental utilisé. Nous avons aussi généralisé la technique du « Cheval de Troie » qui permet la capture de données comportementales en minimisant les biais liés à la présence de dispositifs d'enregistrement. Ces méthodes ont été mises au point dans le cadre des recherches sur les systèmes mobiles et ubiquitaires car ces systèmes requièrent une immersion dans leur contexte d'usage, mais elles sont tout à fait utilisables dans le cadre de systèmes sédentaires plus classiques.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été financés par le projet RNTL franco-finlandais Adamos et par le projet Région Rhône-Alpes IMERA. Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes ayant contribué au succès de ces deux expérimentations. Pour E-Skiing : P. Schermesser, A. Vidal et D. David du CEA-Leti, F. Forest de la MSH-Alpes, M. Léger et D. Maréchal de Rossignol ainsi que la station de l'Alpe d'Huez pour son accueil. Pour l'exposition « ni vu – ni connu » : C. Sermet, le scénographe de l'exposition, J.-F. Salmon le responsable informatique du Muséum du département du Rhône, ainsi que le centre ERASME et la société Tagproduct qui ont réalisé la mise en oeuvre.

BIBLIOGRAPHIE

1. Caelen, J., Jambon, F. et Vidal, A. Conception participative : des "Moments" à leur instrumentation. *Revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM)*. 6, 2 (2005), pp. 1-29.
2. Demumieux, R. et Losquin, P. Collecter les usages réels des clients de téléphonie mobile (un outil embarqué). *17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine - IHM'05* (27-30 septembre, Toulouse, France), ACM Press, 2005, pp. 293-298.
3. Duh, H.B.-L., Tan, G.C.B. et Chen, V.H.-H. Usability evaluation for mobile device: a comparison of laboratory and field tests. *Proceedings of the 8th conference on human-computer interaction with mobile devices and services* (Helsinki, Finland), ACM Press, 2006, pp. 181-186.
4. Gob, A. et Drouguet, N. *La muséologie. Histoire, développement, enjeux actuels*. Armand Colin, 2006.
5. Hagen, P., Robertson, T. et Kan, M. *Methods for Understanding Use of Mobile Technologies*. Interaction Design and Work Practice Laboratory, Faculty of Information Technology, University of Technology Sydney, 1st october 2005, IDWoP Techical Report 05.02.
6. Hertzum, M. User Testing in Industry: A Case Study of Laboratory, Workshop, and Field Tests. *5th ERCIM Workshop on "User Interfaces for All" – Special Theme "User-Tailored Information Environments"* (28th November - 1st December, Dagstuhl, Germany), 1999, pp. 59-72.
7. Hsi, S. et Fait, H. RFID enhances visitors' museum experience at the Exploratorium. *Communicatons of the ACM*. 48, 9 (2005), pp. 60-65.
8. Isomursu, M., Kuutti, K. et Väinämö, S. Experience clip: method for user participation and evaluation of mobile concepts. *8th conference on Participatory design: Artful integration: interweaving media, materials and practices* (Toronto, Ontario, Canada), ACM Press, 2004, pp. 83-92.
9. Jambon, F. Retours d'expérience lors d'évaluation de dispositifs mobiles en situation réelle. *3e Journées Francophones Mobilité et Ubiquité - Ubimob'06* (5-8 septembre, Paris, France), ACM press, 2006, pp. 135-138.
10. Jambon, F., Golanski, C. et Pommier, P.-J. Évaluation des dispositifs mobiles : sur le terrain ou en laboratoire ? *18e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM'06)* (18-21 Avril, Montréal, Canada), ACM Press, 2006, pp. 35-42.
11. Jambon, F., Mandran, N. et Perrot, C. La RFID au service de l'analyse du parcours muséal des visiteurs. *La lettre de l'OCIM (Office de Coopération et d'Information Muséographiques)*. 113 (2007), pp. 11-17.

12. Kaikkonen, A., Kekäläinen, A., Cankar, M., Kallio, T. et Kankainen, A. Usability Testing of Mobile Applications: A Comparison between Laboratory and Field Testing. *Journal of Usability Studies*. 1, 1 (2005), pp. 4-17.
13. Kjeldskov, J., Graham, C., Pedell, S., Vetere, F., Howard, S., Balbo, S. et Davies, J. Evaluating the Usability of a Mobile Guide: The Influence of Location, Participants and Resources. *Behaviour & Information Technology*. 24, 1 (2005), pp. 51-65.
14. Kjeldskov, J., Skov, M.B., Als, B.S. et Høegh, R.T. Is It Worth the Hassle? Exploring the Added Value of Evaluating the Usability of Context-Aware Mobile Systems in the Field. *Mobile Human-Computer Interaction - MobileHCI'2004* (13-16 September, Glasgow, UK), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2004, pp. 61-73.
15. Kjeldskov, J. et Stage, J. New Techniques for Usability Evaluation of Mobile Systems. *International Journal of Human-Computer Studies - IJHCS*. 60, 5-6 (2004), pp. 599-620.
16. Malaurie, J. *De la vérité en ethnologie...* Economica, 2002.
17. Molich, R. *Usable Web Design (in Danish)*. Ingeniøren|bøger, 2000.
18. Roto, V., Oulasvirta, A., Haikarainen, T., Lehmuskallio, H. et Nyyssönen, T. *Examining mobile phone use in the wild with quasi-experimentation*. Helsinky Institute for Information Technology (HIIT), August 2004, Technical Report 2004-1.
19. Sermet, C. et Millet, M. "Ni vu, ni connu", une scénographie de camouflages. *La lettre de l'OCIM (Office de Coopération et d'Information Muséographiques)*. 113 (2007), pp. 4-10.
20. Waterson, S., Landay, J.A. et Matthews, T. In the lab and out in the wild: remote web usability testing for mobile devices. *CHI'02 conference on Human Factors in Computing Systems extended abstracts* (Minneapolis, Minnesota, USA), ACM Press, 2002, pp. 796-797.

Les interfaces plastiques : premiers retours utilisateurs, évaluations en laboratoire

Rachel Demumieux[1] *Vincent Ganneau*[1, 2] *Gaëlle Calvary*[2] *Eliza Gegovska*[1]

[1] Orange Labs, France Télécom R&D
2, avenue Pierre Marzin
22307, Lannion Cedex, France
{rachel.demumieux, vincent.ganneau}
@orange-ftgroup.com

[2] Laboratoire LIG
385, rue de la Bibliothèque, BP 53
38041, Grenoble Cedex, France
{vincent.ganneau, gaelle.calvary}
@imag.fr

RESUME

Depuis plusieurs années dans le domaine des Interfaces Homme-Machine (IHM), la plasticité des interfaces est explorée pour proposer dynamiquement des adaptations en fonction des utilisateurs, des dispositifs utilisés et des contextes d'usage (environnement physique, social, etc.). L'objectif poursuivi étant d'améliorer l'appropriation et les usages de ces dispositifs du point de vue des utilisateurs. Et d'optimiser la conception en prenant en compte les besoins de différentes cibles utilisateurs ou encore de diverses situations d'usage. L'acceptabilité et l'utilisabilité des IHM plastiques posent de nombreuses questions et nécessitent d'être évaluées auprès d'utilisateurs. Cet article présente deux démonstrateurs développés et les premiers résultats d'évaluations menées en laboratoire (un focus group et des tests utilisateurs).

MOTS CLES : Plasticité, Utilisabilité, Evaluation, Focus Group, Tests Utilisateurs.

ABSTRACT

In HCI, plasticity user interfaces is investigated in order to adapt automatically the systems according to the devices, the environment and the users. The goal is to improve the user experience and the usages. In addition, the design can be improved by taking into account the users' need, the context of uses, etc. Nevertheless, the assessment of these plastic interfaces is recommended to identify their value. In this article, we present two prototypes illustrating the plasticity. Then, we detail the methodologies applied to assess it with some real customers. The main results are also described. To conclude, recommendations and our future work are detailed.

KEYWORDS : Plasticity, Usability, Assessement, Focus Group, Users tests.

INTRODUCTION

Avec l'évolution des IHM dans le domaine de l'informatique et notamment la conception des interfaces à manipulation directe permettant de désigner un outil et de réaliser une action sans pour autant maitriser un langage de programmation, les systèmes informatiques se sont multipliés. Auparavant, les interfaces étaient conçues pour une cible d'utilisateurs et pour une tâche donnée. Or, avec la démocratisation des outils informatiques, qui font désormais partie de notre quotidien, cette approche n'est plus adaptée. Les systèmes sont dorénavant utilisés par des utilisateurs différents pour réaliser des tâches variées. Dans ce contexte, les concepteurs doivent prendre en compte la diversité des utilisateurs afin que les outils proposés soient de réels supports d'activité professionnelle, ludique ou encore créative [13]. De plus, la mobilité des individus est dorénavant un autre facteur à considérer lors de la conception des dispositifs. En effet, l'utilisateur n'est plus uniquement devant son ordinateur. Il interagit avec des dispositifs mobiles, tels que le téléphone mobile ou encore le Personal Digital Assistant (PDA) pour communiquer, écouter de la musique, télécharger des contenus, etc. Au fil des années, les interfaces se sont transformées pour devenir adaptées, adaptables ou adaptatives [9]. Elles peuvent être définies comme étant :

- adaptées lorsque l'adaptation est mise en œuvre par le concepteur pour une cible prédéfinie d'utilisateurs [1]. Ceci constitue un premier niveau d'adaptation que l'on peut qualifier de statique [2] ;
- adaptables lorsqu'elles peuvent être modifiées par l'utilisateur. Il choisit les adaptations qui lui conviennent le mieux en fonction de ses préférences et de ses habitudes (éléments graphiques, raccourcis, etc.) [1]. L'adaptation devient dynamique, c'est-à-dire qu'elle a lieu pendant l'exécution du programme, mais demeure entièrement sous le contrôle de l'utilisateur [2] ;
- adaptatives lorsque le système est capable de s'adapter sans intervention explicite de l'utilisateur grâce à un processus d'acquisition et d'exploitation d'un modèle utilisateur impliquant des formes d'apprentissage, d'inférence ou d'aide à la décision [15].

Les premiers travaux sur les interfaces adaptatives datent des années 70. Ils se sont portés sur les systèmes éducatifs (AHS : Adaptive Hypermedia Systems) [3, 4, 5]. Les applications développées étaient essentiellement centrées sur l'objet de l'adaptation (fonctionnalités et présentation des informations). Depuis, ces recherches se sont déve-

loppées et multipliées pour le Web et les sites marchands.

Depuis quelques années, certaines équipes de recherche parlent de plasticité des interfaces. Ce terme fait référence à la propriété des matériaux capables de se dilater ou de se contracter sous l'effet de contraintes naturelles sans se casser, c'est-à-dire en préservant l'usage commun. Appliquée aux interfaces homme-machine, la plasticité dénote la capacité d'un système interactif à s'adapter (ou être adapté) à son contexte d'usage dans le respect de son utilisabilité [19]. Le contexte d'usage est défini comme un triplet utilisateur, plate-forme, environnement [18] où :

- l'utilisateur dénote l'utilisateur du système interactif ;
- la plate-forme englobe les requis matériels et logiciels sous-tendant l'interaction (par exemple un ordinateur, un téléphone mobile, un PDA) ;
- l'environnement rassemble les caractéristiques physiques, sociales, etc. du lieu hébergeant l'interaction (par exemple : à la maison, au bureau).

Les leviers de l'adaptation peuvent consister en une redistribution ou/et en un remodelage de l'interface [6]:

- la redistribution change l'état de distribution du système interactif sur l'ensemble des plates-formes en présence. Elle s'opère par migration totale ou partielle du système interactif ;
- le remodelage est une adaptation locale à la plateforme qui consiste en un remaniement de l'interface sans en changer la distribution. Ce remaniement peut porter sur la présentation des informations, les fonctionnalités ou encore sur le noyau fonctionnel (modification des concepts et des services du domaine applicatif).

Une des questions qui se pose est celle de savoir si la plasticité des interfaces peut réellement constituer un facteur facilitateur de l'utilisation des dispositifs. Pour répondre à cette interrogation il est nécessaire d'évaluer les systèmes plastiques auprès d'utilisateurs réels. De plus, comment évaluer les systèmes adaptatifs est loin d'être une question triviale [7].

En termes de méthodes pour l'évaluation des interfaces adaptatives, nous constatons que généralement les techniques employées sont issues des sciences humaines et sociales (tests d'utilisabilité, évaluations expertes, entretiens, questionnaires, etc.) [8, 10].

Deux approches empiriques (recueil de données comportementales d'utilisation d'un dispositif) sont appliquées pour l'évaluation des systèmes adaptatifs :

- évaluation comparative (généralement des tests utilisateurs) d'une version adaptée et une version non-adaptée. La valeur de l'adaptation est la différence d'utilité entre les deux systèmes [11, 12, 14] ;
- évaluation structurée (layered evaluation) [22] qui consiste à tester séparément les différents éléments adaptatifs afin de cerner l'origine des problèmes. Ainsi, la valeur de la l'adaptation est évaluée à deux niveaux différents : au niveau du modèle utilisateur (les préférences, actions, habitudes des utilisateurs sont-elles correctement détectées ?), au niveau des choix d'adaptation (validation et pertinence des adaptations proposées).

Globalement, dans la littérature nous trouvons relativement peu de résultats d'évaluation de systèmes adaptatifs. La majorité des études conduites sont des évaluations en laboratoire [10, 21, 17] appliquant les approches empiriques explicitées ci-dessus. Avec l'émergence du « context aware computing », des expérimentations sont conduites dans des conditions réalistes [16]. Néanmoins, peu de résultats sont validés par la communauté scientifique [10]. De nombreuses questions restent encore sans réponse, notamment à quel moment adapter, quelles données sont pertinentes pour le modèle utilisateur ou encore comment intégrer les besoins d'une très large cible d'utilisateurs ?

Dans le cadre de nos travaux sur les interfaces plastiques, nous avons implémenté deux démonstrateurs illustrant les leviers de l'adaptation. Les plate-formes utilisées sont le téléphone mobile et l'ordinateur. Notre objectif était d'évaluer le ressenti des utilisateurs vis-à-vis de ces solutions. Et ce afin de déterminer l'intérêt et l'acceptabilité de ces IHMs et d'alimenter nos travaux sur la base de ces retours. Pour cela, nous avons tout d'abord choisit de conduire deux évaluations utilisateurs en laboratoire. Ce type d'évaluation nous semblait dans un premier temps adéquat pour préparer des tests terrains pour les études à venir. Par ailleurs, les démonstrateurs n'étaient pas assez stables techniques pour être testés sur le terrain. Cet article présente donc les prototypes développés. Puis les méthodologies mises en œuvre et les principaux résultats sont détaillés. Pour finir, nos perspectives sont exposées.

DEMONSTRATEURS IMPLEMENTES

Les démonstrateurs (PlasticSMS et MobilePlastic) sont tous deux compatibles sur des téléphones mobiles équipés d'un système d'exploitation ouvert (Windows Mobile) permettant le développement d'applications supplémentaires. Le SPV C100 a été retenu (figure 1).



Figure 1: SPV C100 (Windows Mobile 5.0).

PlasticSMS

Ce prototype développé en C++ est un service de messagerie permettant de communiquer via SMS depuis un téléphone mobile ou depuis un ordinateur. En situation de mobilité, le téléphone est utilisé de manière traditionnelle. Lorsque l'environnement s'augmente de plates-formes telles qu'un ordinateur, le service offre à l'utilisateur la possibilité de redistribuer l'interface vers une seconde plate-forme lorsque la proximité de celle-ci est détectée (connexion Bluetooth) (figures 2 et 3).

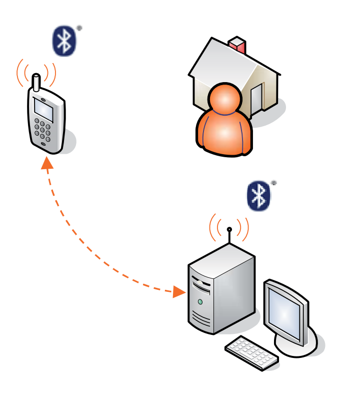


Figure 2: Redistribution dans un environnement augmenté.

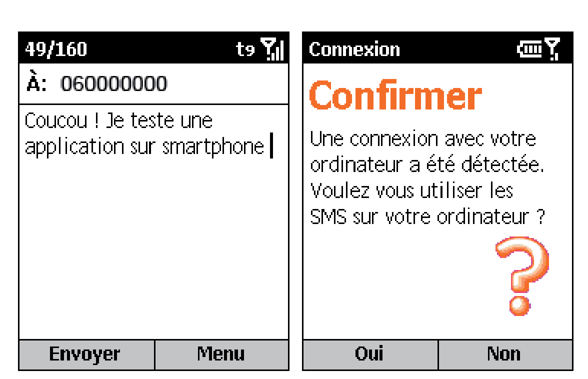


Figure 3: IHM sur téléphone.

L'interface de saisie est alors reproduite sur l'ordinateur, le message pouvant être saisi indifféremment sur le mobile et l'ordinateur. Les avantages supposés pour l'utilisateur sont un confort visuel accru par la taille de l'écran en sortie et une saisie facilitée par la disponibilité d'un clavier en entrée. De plus, l'interface est dotée de capacités de remodelage. Lorsque l'utilisateur agrandit (respectivement réduit) la taille de la fenêtre de l'application, des fonctionnalités supplémentaires apparaissent ou disparaissent (figure 4). Ainsi, l'utilisateur peut modifier la taille des caractères, envoyer le message ou encore accéder à ses contacts enregistrés dans le répertoire du téléphone.



Figure 4: IHM sur PC.

L'observabilité et le contrôle des adaptations sont accessibles par l'intermédiaire d'une interface dite méta-IHM (figure 5). L'utilisateur dispose d'options permettant d'accepter ou de refuser la redistribution, de demander une confirmation à chaque adaptation proposée par le système, d'adapter automatiquement sans être consulté ou encore de refuser toute adaptation (utilisation « classique » du SMS).

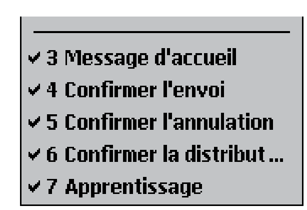


Figure 5: Un exemple d'options accessibles via la méta-IHM.

L'adaptation aux habitudes et aux préférences des utilisateurs est illustrée par :

- un choix de taille des caractères (sur le mobile et sur l'ordinateur) qui est appris par le système et activé automatiquement à la prochaine utilisation ;
- une réorganisation automatique de la liste des contacts (sur les deux dispositifs) en fonction de la fréquence d'appels émis vers ces contacts (figure 6).



Figure 6: Réorganisation des contacts.

MobilePlastic
Cette application développée en C# propose des fonctionnalités complémentaires à celles de PlasticSMS. Il nous semblait essentiel de compléter les tâches de PlasticSMS afin que les testeurs puissent réaliser un certain nombre d'actions différentes et ne focalisent pas sur un seul service. MobilePlastic est doté de possibilités de redistribution (les actions se réalisant sur l'ordinateur) mais le remodelage n'a pas été illustré. Il permet de gérer les contacts du téléphone mobile, de consulter l'historique des appels entrants et sortants, d'enregistrer ses SMS (fichiers textes) et de consulter le niveau de batterie du téléphone (figure 7).

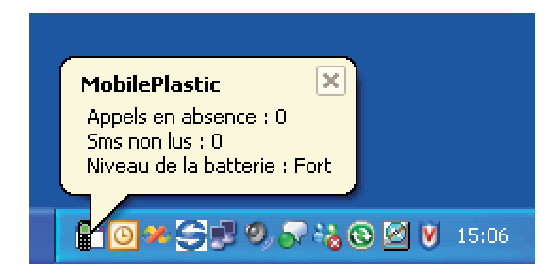


Figure 7: MobilePlastic sur PC.

Tout comme PlasticSMS, les utilisateurs peuvent contrôler l'adaptation. Des messages de confirmation apparaissent sur le téléphone mobile lorsque l'utilisateur réalise des actions « critiques » telles que l'ajout, la modification, la suppression d'un contact, l'envoi et l'annulation d'un SMS. En outre, la liste des contacts du répertoire est réorganisée en fonction de la fréquence des appels.

EVALUATIONS
Pour recueillir l'avis d'utilisateurs et observer leurs comportements en situation d'utilisation, un focus group et des tests utilisateurs en laboratoire ont été conduits.

Pour le focus group, nos objectifs étaient d'évaluer :

- la perception des utilisateurs vis-à-vis du concept de la plasticité ;
- l'intérêt, les limites et les avantages de ces interfaces.

Pour les tests utilisateurs, nos objectifs étaient d'évaluer :

- l'acceptabilité et la compréhension de la redistribution et du remodelage des interfaces ;
- la perception des adaptations proposées ;
- le niveau de contrôle utilisateur, à savoir est-il suffisant, explicite ou encore contraignant ?

Méthodologie
Les évaluations ont été réalisées en laboratoire, équipé d'une salle de test et d'une régie permettant l'enregistrement audio et vidéo des séances. Pour les tests utilisateurs, l'expérimentateur était assis à côté des participants pour soumettre les consignes, noter les performances, les difficultés rencontrées et les verbalisations. Des pré-tests ont été conduits afin de vérifier le déroulement global des tests utilisateurs (questionnaires, scénarios et relevé des indicateurs).

Protocole du focus group
Le focus group a duré quatre-vingt dix minutes. La séance a été enregistrée en audio et vidéo et a impliqué cinq participants (recrutés en externe à Orange Labs), un modérateur et un observateur en régie. La séance s'est déroulée de la façon suivante :

1. accueil des participants ;
2. questionnaire de caractérisation des participants (profils, habitudes, usages des mobiles et de l'ordinateur, etc.) ;
3. présentation retro-projetée de la plasticité (illustration de différents exemple de prototypes) ;
4. thèmes abordés lors de la discussion :
   - avantages et inconvénients de l'adaptativité ;
   - intérêt de l'adaptation aux plates-formes, à l'utilisateur, à l'environnement, pour soi et pour les autres ;
   - avantages et inconvénients des démonstrateurs ;
5. clôture et synthèse de la séance.

Analyse des données du focus group
L'intégralité des échanges de la session a été retranscrite et traitée au moyen d'une analyse de contenu du discours.

Protocole des tests utilisateurs
La passation des tests était individuelle et durait environ deux heures. Vingt personnes recrutées en externe à Orange Labs ont participé. Les séances se sont déroulées de la façon suivante :

1. accueil des participants ;
2. questionnaire de caractérisation des participants (profils, habitudes, usages des mobiles et de l'ordinateur, etc.) ;
3. illustration d'exemples de différentes formes d'adaptation ;
4. premier entretien permettant d'appréhender l'intérêt perçu des IHMs plastiques ;
5. tâches de familiarisation avec les démonstrateurs ;
6. scénarios d'utilisation sur PlasticSMS :
   - envoi d'un SMS à partir du téléphone avec modification de la taille de la police ;
   - envoi d'un SMS à partir de l'ordinateur ;
7. second entretien permettant de recueillir l'avis des utilisateurs sur l'utilisation de PlasticSMS ;
8. scénarios d'utilisation sur MobilePlastic :
   - consultation de l'état de la batterie ;
   - enregistrement et modification d'un contact ;
   - consultation d'un SMS enregistré ;
   - suppression d'un contact ;
   - émission d'un appel depuis le téléphone mobile.

Le contrôle des adaptations et l'apprentissage des préférences des utilisateurs et ont été simulés. Pour cela, tous les participants ont réalisé les scénarios dans le même ordre.

- Pour les premiers scénarios, toutes les adaptations proposées par le système étaient négociées avec l'utilisateur ;
- Pour les derniers scénarios, les adaptations étaient réalisées sans négociation auprès de l'utilisateur. De plus, l'évolution des scénarios illustrait une réorganisation des contacts après avoir envoyé des messages et appelé les mêmes contacts.

Variables mesurées pour les tests utilisateurs

Nous avons mesuré et analysé conjointement deux catégories de variables. Des indicateurs objectifs de performance ont été relevés durant la passation des scénarios (réussite, nombre de sollicitations de l'expérimentateur et les temps de réalisation pour chaque scénario). De plus, les réponses aux différentes questions posées par l'expérimentateur ont été notées.

Echantillon des utilisateurs

Deux groupes de participants ont été recrutés avec des critères de sélection identiques. Aucun participant ne devait avoir ou avoir eu un mobile type SPV (ainsi tout le monde avait le même niveau d'expérience). Deux catégories d'âge ont été ciblées (un groupe de 16 à 25 ans et un de personnes âgées de 45 ans et plus). Pour finir, un usage régulier du mobile et de l'ordinateur était demandé.

Les principales caractéristiques des participants sont exposées ci-dessous :

	Focus group	Tests utilisateurs
Nb de participants	5	20
Sexe	2 hommes 3 femmes	11 9
Moy. d'âge	39 ans (min : 20 ans, maxi : 57)	36 ans (min :16, maxi : 71)

Tableau 1: Caractéristiques des participants.

Concernant leurs usages du mobile, tous les participants envoient au moins vingt SMS par mois. Ils utilisent un mobile depuis plus de deux ans. Quant à l'ordinateur, ils déclarent tous l'utiliser depuis plus de deux ans.

Limites des évaluations

- La mise en situation d'un panel réduit d'utilisateurs (20 pour les tests utilisateurs), peut paraître restreinte. Toutefois, cette méthode permet d'obtenir une "tendance qualitative" en mettant en évidence la perception des utilisateurs et les principales difficultés d'utilisation.

- En laboratoire, les utilisateurs sont mis en situation d'utilisation les plus réalistes possibles. Néanmoins il est difficile d'approcher un large éventail de contextes d'usage (comme les usages en mobilité par exemple).

- Concernant le focus group, les retours utilisateurs sont basés uniquement sur le déclaratif des participants. Par conséquent, ces résultats sont à utiliser avec précaution. Les participants ayant tendance à surestimer ou sous-estimer certains usages.

Principaux résultats

Dans cette partie, nous détaillons les principaux résultats issus de ces évaluations. Tout d'abord, nous présentons la perception des utilisateurs vis-à-vis des concepts de la plasticité. Puis, nous abordons les performances observées et les difficultés rencontrées par les participants aux tests utilisateurs.

Perception des utilisateurs

Pour évaluer le ressenti de tous les participants au focus group et aux tests utilisateurs un premier entretien a été réalisé sur la base d'une présentation rétro-projetée illustrant différents exemples de services et d'applications adaptatives :

- l'adaptation à la plate-forme a été perçue comme étant la plus utile (vingt-sept occurrences) ;
- l'avantage étant une optimisation des tâches et une utilisation plus conviviale (vingt-huit) lorsque le dispositif sur lequel l'interface est « déportée » possède des caractéristiques plus confortables (écran plus grand ou encore présence d'un clavier) ;
- les principaux inconvénients cités par les participants sont la confidentialité des données (huit) et la crainte de perdre le contrôle de ses actions (douze) ;
- neuf participants ont déclaré qu'ils utiliseraient ce type de services illustrés par les démonstrateurs dans la sphère professionnelle et familiale ;
- les idées de fonctionnalités adaptatives les plus fréquemment citées seraient de pouvoir disposer d'un agenda adaptatif (quatorze occurrences) sur mobile (rappel du contrôle technique de la voiture, de la liste des courses, etc.), une localisation GPS donnant des informations sur la localisation de son interlocuteur (huit) ou encore des informations contextualisées en voiture ou en faisant ses courses (quinze).

Performances des participants (tests utilisateurs)

Tous les résultats d'utilisation des deux démonstrateurs ne sont pas exposés dans cet article. Nous avons extrait les performances de certains scénarios et essentiellement ceux relatifs aux leviers de l'adaptation (redistribution, remodelage et contrôle utilisateur).

Tâche	Réussite	Temps moy.		Nb d'assistance
		jeunes	+ de 45 ans	
Elargir la fenêtre de l'application	13/20	13,4	22,5	6
Saisir le SMS	20/20	21,1	21,9	1
Envoyer le SMS	20/20	36,9	63,5	13
Consulter le niveau de batterie du téléphone	20/20	3,1	14,8	11
Ajouter un contact	20/20	31	44,6	15
Modifier un contact	20/20	34,3	41,2	15

Tableau 2 : Performances des utilisateurs (PlasticSMS et Mobile Plastic)

En termes de performances de réalisation des scénarios, les utilisateurs ont majoritairement réussi les différents scénarios. En revanche, pour certaines tâches l'intervention de l'expérimentateur a été nécessaire pour les aider. De plus, nous avons essentiellement constaté des différences de temps entre le groupe des jeunes et des plus de 45 ans. A titre d'exemple, la consultation de l'état de la batterie sur l'ordinateur a posé plus de problèmes aux « seniors ». Le temps moyen d'exécution des utilisateurs de ce groupe (M = 14,8) est considérablement plus élevé que celui des « juniors » (M = 3,1). Les informations ne semblaient pas assez visibles selon les commentaires des testeurs.

Remodelage de l'interface

Pour le premier scénario d'utilisation de PlasticSMS, nous avons demandé aux testeurs d'envoyer un message texte à partir de l'ordinateur. Pour observer leur compréhension du remodelage de l'interface. Lors de l'activation de l'application sur l'ordinateur, l'écran apparaissait absolument identique à celui du mobile. L'utilisateur devait ensuite élargir la fenêtre pour faire apparaître les options du répertoire et d'envoi.

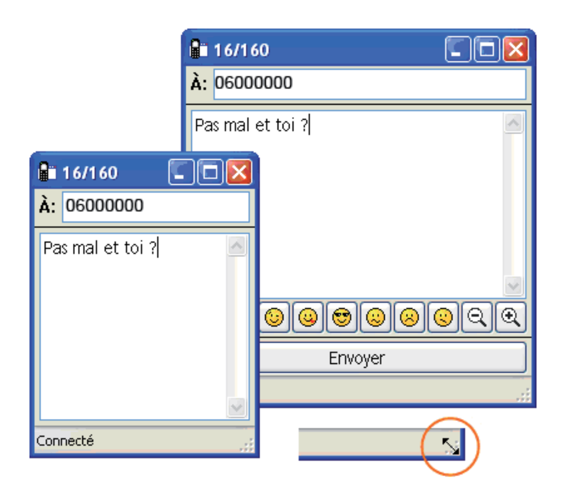


Figure 8: Illustration du remodelage de l'IHM.

Nous avons observé des échecs uniquement au niveau du remodelage. En effet, la plupart des participants ont bien vu la possibilité d'agrandir la fenêtre, mais n'ont pas perçu le lien avec l'existence de plus de fonctions. Treize utilisateurs ont jugé l'indication de l'agrandissement de la fenêtre incompréhensible. Notons que parmi les participants qui ont réussi à la tâche (treize utilisateurs), sept sont ceux qui ont adopté la stratégie d'agrandir la fenêtre en utilisant l'icône d'agrandissement de Windows et six (sur treize) ont utilisé la flèche.

Contrôle utilisateur

Pour le premier scénario, la confirmation des actions de redistribution de l'interface sur l'ordinateur et d'envoi du

message étaient accessibles sur le téléphone. Douze utilisateurs les ont jugées inutiles et préfèreraient qu'elles soient visibles uniquement sur l'ordinateur. Les avis sont identiques pour les autres scénarios ayant nécessité de confirmer les actions sur le mobile.

Perception des éléments adaptatifs
Le dernier scénario d'utilisation consistait à émettre un appel. Les utilisateurs pouvaient alors constater la réorganisation de la liste des contacts en fonction de la fréquence. Notre objectif était de recueillir leur avis sur cet élément adaptatif. Dix-huit participants l'ont jugé utile car cela permet d'éviter des manipulations supplémentaires (gain de temps).

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

Ces évaluations en laboratoire nous ont permis de collecter un certain nombre d'observations objectives et déclaratives sur l'utilisation d'interfaces plastiques. Néanmoins les limites de ces méthodologies que nous avons détaillées plus haut nous conduisent à établir un certain nombre de constats qui sont les suivants :

- Dans des conditions de laboratoire, il est difficile de simuler les adaptations à l'utilisateur et notamment à leurs préférences et à leurs usages. En effet, l'utilisation des dispositifs est sur une très courte période (de deux heures) rendent difficile de réellement prendre en compte ce type d'adaptation.

- Pour mettre en évidence le remodelage des interfaces de l'application du téléphone sur l'ordinateur, nous avons opté pour une interface similaire au mobile et pouvant s'agrandir pour proposer des fonctionnalités supplémentaires et des modes d'interaction différents. Globalement tous les participants à ces évaluations n'ont pas perçu la pertinence de conserver dans un premier temps un affichage cohérent avec l'interface du mobile. Il semble préférable d'afficher l'interface sur l'ordinateur dans toute sa globalité.

- Evaluer la redistribution des interfaces sur le terrain auprès d'utilisateurs nécessitent de développer des prototypes stables pouvant être installés et utilisés facilement par les utilisateurs chez eux ou en mobilité.

- Nos évaluations et le retour des utilisateurs ont été relativement biaisés par les différences des interfaces en termes de design. En effet, les participants ont exprimé des améliorations en termes d'organisation des informations entre les deux démonstrateurs. Il apparaît donc nécessaire de prendre en compte dès la conception du ou des démonstrateurs les objectifs de l'évaluation et la diversité des scénarios d'usage qui pourront être soumis aux testeurs.

- En laboratoire, il n'est pas possible d'identifier les différences d'usage pour une même application selon les plate-formes utilisées. Ainsi, il serait intéressant d'observer si la fréquence d'envoi des messages varie selon l'utilisation du téléphone mobile ou de l'ordinateur. De la même manière, les usages sont-ils reproduits à l'identique selon le dispositif utilisé ?

- Concernant le contrôle utilisateur (la méta-IHM), nous avons donc observé un consensus sur la nécessité d'intégrer cette IHM sur l'ordinateur plutôt que sur le mobile. Nous avons été relativement surpris par ce résultat car il nous semblait important de notifier certaines actions sur le mobile pour rendre observable la répercussion des actions sur ce dispositif.

CONCLUSION

Ces travaux nous ont permis de constater que les participants ont perçu plus positivement la redistribution des interfaces sur un autre dispositif. Ils s'accordent tous à préférer utiliser certains services du mobile sur un écran plus grand et avec un clavier et une souris. En revanche, nous avons eu plus de mal à faire percevoir l'adaptation aux utilisateurs.

Pour investiguer l'intérêt de l'adaptation aux usages, nous orientons nos travaux sur la conception d'un démonstrateur d'interfaces adaptatives basé sur un modèle utilisateur embarqué sur un téléphone mobile et capitalisant les interactions utilisateurs et les contextes d'usage. Et ce afin de proposer des adaptations telles que l'automatisation de certaines tâches et la réorganisation des arborescences. De cette manière, des évaluations sur le terrain sur une période d'utilisation de plusieurs semaines seront possibles. Nous pourrons ainsi axer nos observations sur l'utilisation de la méta-IHM ou encore sur la pertinence des adaptations proposées en mobilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Nicolas Boisteault pour son travail de développement de MobilePlastic et Patrick Losquin pour son aide précieuse et son soutien sur les développements informatiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Benadi, S. Structuration des données et des services pour le télé-enseignement. Thèse de Doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Septembre 2004.

2. Bobillier-Chaumon, M.E., Carvallo, S., Tarpin-Bernard, F., Vacherand-Revel, J. Adapter ou uniformiser les interactions personnes-systèmes? Revue d'Interaction Homme-Machine, Europia, Vol. 6, 2, 2005, pp. 91-129.

3. Brusilovsky, P., Eklund, J. *A study of user-model based link annotation in educational hypermedia.* Journal of Universal Computer Science, Special Issue on Assessment Issues for Educational Software, 4 (4).

4. Brusilovsky, P., Pesin, L. A*daptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISIS-Tutor.* Journal of Computing and Information Technology (1998), 6 (1).

5. Brusilovsky, P., Karagiannidis, C., Sampson, D. The benefits of layered evaluation of adaptive applications and services. I*n Proceedings of workshop at the Eighth International Conference on User Modeling, UM2001*, pp.1-8.

6. Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D. (2001). Supporting Context Changes for Plastic User Interfaces: a Process and a Mechanism. In Proceedings of HCI-IHM 2001, A. Blandford, J. Vanderdonckt, P. Gray Eds., BCS Conference series, Springer Publ., pp. 349-363.

7. Carbonell N., Séminaire Interfaces adaptatives, Paris, juin 2004.

8. Chin, D. N. (2001). Empirical evaluation of user models and user-adapted systems. User Modeling and User-Adapted Interaction 11(1-2), 181–194.

9. Edmonds, E.A. (1981). Adaptive Man-Computer Interfaces. In Coombs, M. J. and Alty, J. L. (Eds), Computing Skills and the User Interface. London: Academic Press.

10. Gena, C. (2005). Methods and techniques for the evaluation of user-adaptive systems. In The Knowledge Engineering Review.

11. Höök, K. *Evaluating the Utility and Usability of an Adaptive Hypermedia System*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI 97.

12. Höök, K. Steps to take before intelligent user interfaces become real. Interacting with Computers (2000) 12(4), 409-426.

13. Horchani, M., Nanard, J., Nanard, D. Les hypermédias comme paradigme d'interfaces adaptatives. In Saleh I.(Ed.) Les hypermédias conception et réalisation. Edition Hermes-Sciences, Paris, 2005.

14. Lieberman, H., Faaborg, A., Espinosa, J., Stocky, T. Common Sense on the Go: Giving Mobile Applications an Understanding of Everyday Life. In British Telecom Technology Journal, Vol. 22, No. 4, October 2004.

15. Jameson, A. (2003). Adaptive Interfaces and Agents. Human-Computer Interface Handbook, J.A. Jacko & A. Sears (Eds), Chapter 15, pp. 305-330

16. Rantakokko, T., Arhippainen, L. Adamos Menu: Towards Adaptive Service Selection. In Proceedings of the Proactive Computing Workshop, PROW 2004, Helsinki, Finland, 25-26 November 2004, pp. 9-13.

17. Ruvini, J.D. Assistance à l'utilisation d'un environnement interactif : Apprentissage des habitudes de l'utilisateur. Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II, Octobre 2000.

18. Thevenin, D. (2001). Adaptation en Interaction Homme-Machine : le cas de la Plasticité. Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble I.

19. Thevenin, D., Coutaz, J. *Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda*. In Proceedings of INTERACT’99, Edinburgh, Scotland, A. Sasse & C. Johnson Eds., IFIP IOS Press Publ., 1999, pp. 110-117.

20. Tobar, C. M. (2003). Yet Another Evaluation Framework. In: Weibelzahl, S. and Paramythis, A. (eds.). Proceedings of the Second Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems, held at the 9th International Conference on User Modeling UM2003, Pittsburgh, pp. 15-24.

21. Weibelzahl S. (2005). Problems and pitfalls in the evaluation of adaptive systems. In: S. Chen and G. Magoulas (Eds.). Adaptable and Adaptive Hypermedia Systems (pp. 285-299). Hershey, PA: IRM Press.

Déplacement rapide et précis dans une interface en menus : une possibilité sur la TV

Cédric BERTOLUS

Orange Labs, 39-40, rue du général Leclerc, 92120 Issy les Moulineaux
cedric.bertolus@orange-ftgroup.com

RESUME

Dans le contexte d'une réflexion sur les IHM destinées aux services interactifs sur l'ipTV, nous présentons ici l'expérimentation visant à comparer notre dispositif au système traditionnel basé sur des flèches et à la molette rotative de l'iPod. Nous mettons en évidence le principal problème rencontré : la grande hétérogénéité du faible échantillon mise en évidence par le modèle mixte, hétérogénéité qui exige un accueil très prudent des résultats. Ces résultats nous indiquent que malgré la supériorité du dispositif à flèche en matière de précision, il est hors course en ce qui concerne le temps d'atteinte de la cible. Le nouveau dispositif est bien celui qui permet d'atteindre le plus rapidement une cible dès lors qu'elle est très éloignée. La molette de l'iPod se révèle étonnante, alliant efficacité, et apprenabilité.

MOTS CLES : IHM, Menus hiérarchiques, Déplacement, Entrée utilisateur, Sélection, Télécommande, Télévision, Vidéo à la demande, iPod.

ABSTRACT

In the context of HMIs designed for interactive services on the ipTV, we present here an experiment comparing a new input device enabling fast schifting, a traditional input device using arrows and the iPod Wheel. We highlight the main problem we have faced: the large heterogeneity of the small sample revealed by the statistic mixed model, which requires a very careful analysis of the results. These results indicate that in spite of the superiority of the arrow device concerning precision, it cannot compete as for the time needed to select the target. The new device is the one that allows the quickest reach of a target when very far. The iPod wheel is surprising, allying efficiency, convenience and good learning time.

KEYWORDS: HMI, Hierarchical User Interface, Focus move, Input, Selection, Remote Control, Television, Video on Demand, iPod.

INTRODUCTION

Avec l'arrivé de l'Internet Haut Débit et Très Haut Débit, un nouveau mode d'accès aux contenus audiovisuels devient possible. Dans les foyers, l'équipement le mieux adapté pour ces contenus est sans doute le poste de télévision. Cet équipement est spécialement conçu pour présenter du contenu vidéo et pour être utilisé d'assez loin [4] ce qui le rend bien adapté à un usage collectif [2] [13]. La télévision par Internet, ou ipTV[1], dispose de ce que l'on nomme une voie de remontée. L'information peut remonter du foyer vers le système de mise à disposition des contenus. Cette nouvelle caractéristique permet de repenser les IHM classiques de services interactifs proposées par la télévision numérique afin de mieux s'approcher de l'usage réel qui est fait du téléviseur tout en autorisant l'adoption de nouveaux services pertinents sur ce support comme, par exemple, la vidéo à la demande (VOD).

POSITION DU PROBLEME

Comment peut-on proposer de manière efficace un nombre très important d'éléments avec une interface en menus hiérarchiques ?

Un usage simple

Nous nous sommes intéressés ici à des services dits "innovants" dont l'usage n'existait pas encore [1]. En fait, à y regarder de plus près, l'innovation se situait dans l'évolution d'un usage existant. L'utilisateur allait pouvoir choisir chez lui une vidéo en vue de la visionner immédiatement. Or, d'une part, le téléspectateur interagit déjà avec le téléviseur et, d'autre part, il recherche, loue, achète et regarde des vidéos depuis longtemps. La connaissance de ces usages et des mécanismes qui y participent représentait une bonne base pour tenter de projeter son évolution [1].

L'usage effectif du téléviseur est particulièrement simple, il concerne la télévision diffusée : changement de chaîne, réglage du volume sonore, marche et arrêt [9] [15]. La lecture de vidéos n'est plus un phénomène négligeable du tout. Elle reste relativement simple, même si l'arrivée du DVD a apporté une nouvelle complexité (gestion du menu). A part quelques exceptions (Mosaïque des chaînes, Météo, guide des programmes), les services interactifs en place depuis longtemps sont

[1] Nous parlons bien ici de contenu arrivant sur le téléviseur par Internet et non de télévision diffusée sur le PC.

beaucoup moins utilisés [8]. Par ailleurs, l'analyse des comportements les plus fréquents devant le téléviseur suggère une vigilance très réduite des utilisateurs [9] [3]. L'image du téléspectateur hyperactif devant son téléviseur (le fameux zappeur) que véhiculent les médias est très exagérée. Son usage est plutôt routinier (il a des rendez-vous télévisuels) ; il cherche notamment à se relaxer, à s'extraire du quotidien ; son attention est généralement diffuse ; il recherche souvent une certaine passivité [6] [3].

Menus hiérarchiques

Afin de répondre au mieux à cet usage, il nous a semblé que le type d'interface utilisateur le mieux adapté était celui qui guidait le plus l'utilisateur [12] tout en nécessitant le moins d'effort, celui des menus hiérarchiques. L'interface est composée d'une suite de listes d'éléments organisées de manière hiérarchique (ex. iPod). Cependant, il existe un inconvénient important. L'arbre hiérarchique ne doit pas être trop profond pour garantir des performances acceptables [14]. S'il est trop profond, l'utilisateur doit parcourir trop d'écrans successifs avant d'atteindre ce qu'il recherche. Il est préférable de le structurer en largeur [10]. Mais on comprend bien que s'il est trop large, le nombre d'items par menu devient très important et le temps pour les parcourir devient trop long. Tout cela limite fortement le nombre d'éléments qui peuvent être gérés par ce type d'interface. En l'état, donner accès à un catalogue de vidéo avec ce type d'interface n'est pas pertinent.

iPod d'Apple

Il faut bien reconnaître que la solution d'Apple est élégante. L'iPod utilise une interface en menus hiérarchiques associée à un dispositif d'entrée provenant du monde audiovisuel qu'Apple nommait Scroll Wheel[2] [5] ; nous parlerons de molette rotative ou molette. A l'origine, ce dispositif rotatif permettait de se déplacer de manière plus ou moins rapide mais continue dans un contenu audio ou audiovisuel (Jog Dial). Sur l'iPod, la molette permet ce même déplacement, mais parmi les éléments d'une liste. A l'époque de notre étude (2004) un brevet sur l'iPod était en cours de dépôt [5] et les spécialistes en propriété intellectuelle nous interdisaient de réutiliser la molette rotative. Nous devions donc trouver une alternative. Nous avons commencé par étudier le système proposé par l'iPod.

Le déplacement est continu et l'utilisateur peut faire varier sa vitesse. La vitesse de déplacement de la sélection dépend de celle du doigt, ce qui permet un retour proprioceptif en plus du retour visuel. Mais d'un autre côté, cela exige un déplacement continu du doigt d'où un certain effort. Par ailleurs, la précision de déplacement nous semblait perfectible dans le cas d'un déplacement pas à pas. Un autre point délicat concernait ce que nous avons appelé "l'effet Turbo". Après un délai de déplacement continue, un déplacement extrêmement rapide se déclenche. Il nous semble que dans ce mode "Turbo", le déplacement s'effectue en proportion de la liste (et non plus en nombre de lignes) pour un temps donné. Dans ce mode, un point de la liste (par exemple, un tiers) est atteint dans un temps identique quelle que soit la taille de cette liste. Cela est extrêmement intéressant, mais très peu parmi les utilisateurs que nous avons rencontrés connaissaient l'existence de ce mode. Enfin, il nous semblait que l'aspect rotatif pouvait poser des problèmes. D'une part cela exige un mouvement du pouce assez complexe et d'autre part, cela interdit tout isomorphisme : pour déplacer la sélection vers le haut, il faut tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ce qui est un choix arbitraire pour l'utilisateur.

LE BANDEAU TACTILE

Nous avons élaboré différentes solutions pour retrouver les avantages de la molette de l'iPod tout en limitant ce que nous avions estimé être des inconvénients. Pour des raisons de temps et de budget, nous n'avons prototypé et expérimenté qu'une seule solution, le Bandeau tactile.

Ce dispositif prend la forme d'un bandeau tactile vertical (figures 1 au milieu et 4). La zone centrale est neutre. Son contact n'entraîne aucun déplacement. Grâce à un repérage tactile, cette zone permet à l'utilisateur de positionner son doigt par rapport aux autres zones sans contrôle visuel. Les zones voisines de la zone neutre permettent le déplacement pas à pas dans un sens et dans l'autre. Elles reproduisent le comportement des flèches haut et bas classiques sur les dispositifs proposant des interfaces en menus hiérarchiques. Viennent ensuite les zones sur lesquelles le déplacement est continu, la vitesse étant liée à l'éloignement du doigt par rapport à la zone neutre. Enfin, en bout de course se présente la zone "Turbo" présentée plus haut.

On obtient bien un déplacement continu, plus ou moins rapide. Mais cette fois nous pensions que le déplacement pas à pas serait plus précis, que le mode Turbo serait découvert et donc utilisé, que la prise en main serait plus rapide du fait de l'isomorphisme (déplacement de la sélection vers la direction du doigt) et que le mouvement du doigt serait moins "fatiguant".

METHODE

Pour évaluer notre dispositif Bandeau, nous l'avons comparé à une molette rotative du type de celle qui équipe les iPod (nous parlerons de molette) ainsi qu'au dispositif le plus répandu : les touches haut-bas (nous parlerons de dispositif flèches). Afin de permettre la comparaison, les sujets devaient manipuler les dispositifs d'une seule main en utilisant leur pouce (usage le plus répandu laissant libre la deuxième main pour une tâche parallèle) [7].

---

[2] Au moment de notre expérimentation la molette de l'iPod n'intégrait pas les 4 boutons comme c'est le cas aujourd'hui avec la « Click Wheel ».



Figure 1 : Prototypes flèche, Bandeau et iPod

15 listes d'éléments d'un même genre (ex. liste d'acteurs, liste de fromages) étaient présentées successivement sur un écran de télévision (figure 2). L'utilisateur devait sélectionner et valider le plus rapidement possible la cible qui lui était présentée préalablement. Les 6 premières listes, qui composaient ce que nous appellerons le scénario d'apprentissage, étaient utilisées pour la prise en main. Dans les listes suivantes, on faisait varier la position de la cible qui pouvait se trouver en début, milieu ou fin de liste en la croisant avec la taille de la liste qui pouvait être composée de 150, 300 ou 600 items. Chaque liste présentait un contenu différent. On faisait varier l'ordre de passation des listes dans un groupe de sujets donné.



Figure 2 : Vision du sujet. Une simple liste accompagnée d'une barre de défilement est présentée après qu'il est validé l'écran de consigne indiquant le mot à sélectionner.

3 groupes de 12 personnes entre 17 et 50 ans recrutés et rémunérés pour l'occasion ont passé tous les scénarios. Chaque groupe utilisait un dispositif différent. En effet, nous ne souhaitions pas qu'une passation dépasse une heure afin d'éviter des phénomènes liés à la fatigue.

Tous les déplacements dans les listes ont été enregistrés de manière automatique par le système. Cela nous a permis de calculer le temps d'atteinte de la cible, mais également, le nombre d'allers et retours et le nombre d'arrêts de déplacement. Les erreurs (validation du mauvais élément) étaient enregistrées, mais celle-ci étant anecdotiques, nous n'en parlerons pas ici. L'expérimentateur disposait d'un écran répliquant en temps réel l'écran du téléviseur ainsi que d'un plan vidéo sur le sujet. Une grille de suivi liste par liste lui permettait de noter les éléments qui lui semblaient pertinents comme, par exemple, les regards vers la télécommande, les verbalisations spontanées, les mimiques ayant du sens, etc.

RESULTATS

D'un point de vue statistique, peu de données sont disponibles, et la marge d'erreur est grande. Afin d'obtenir des résultats plus précis qu'une simple analyse descriptive, et surtout un domaine de confiance, mais également afin de pouvoir vérifier le lien entre scénario et type de variables, nous avons réalisé une analyse inférentielle. Le modèle choisi est un modèle mixte, version plus complète de l'analyse de la variance. Une rapide présentation est faite en annexe. Un modèle de ce type permet de tester et d'estimer l'influence d'un ou plusieurs facteurs, dont certains sont liés au hasard (la personne qui réalise le test par exemple), sur une variable endogène choisie, et ce avec un niveau de confiance donné. Nous l'avons donc utilisé ici pour comparer précisément les différents dispositifs entre eux suivant le type d'indicateur choisi pour mesurer l'efficacité. Nous disposions de 9 scénarios : le scénario d'apprentissage, puis les scénarios croisés dépendant du type de liste (courte, moyenne, longue), et de la position de la cible dans la liste. Afin de vérifier l'existence d'un impact de ces divers éléments sur les différentes variables de l'expérience, nous avons réalisé une simulation à l'aide du modèle mixte décrit en annexe. La première variable étudiée est le temps.

Etude du temps

L'effet individuel joue pleinement ici. Nous n'avions que 12 sujets par dispositif, le risque d'hétérogénéité était donc très grand. C'est effectivement ce que l'on retrouve. Si dans le cas de la molette et du Bandeau, il n'existe pas d'hétérogénéité significative entre les individus même au seuil de 10 %, on retrouve bien une telle hétérogénéité dans le cas de la télécommande à flèches. Les différents scénarios envisagés ont quant à eux une influence certaine, au seuil de 1 % sur la variable temporelle. La seule exception notable concerne le Bandeau. Si pour ce dernier, taille de la liste et position de la cible ont, pris isolément, une influence sur l'efficacité mesurée en temps, leur effet couplé est nul au seuil de 10 %. Ainsi, à taille de liste fixée, la position de la cible n'a pas d'importance, et réciproquement. Ce résultat intéressant semble mettre en avant la capacité d'accès rapide du dispositif.

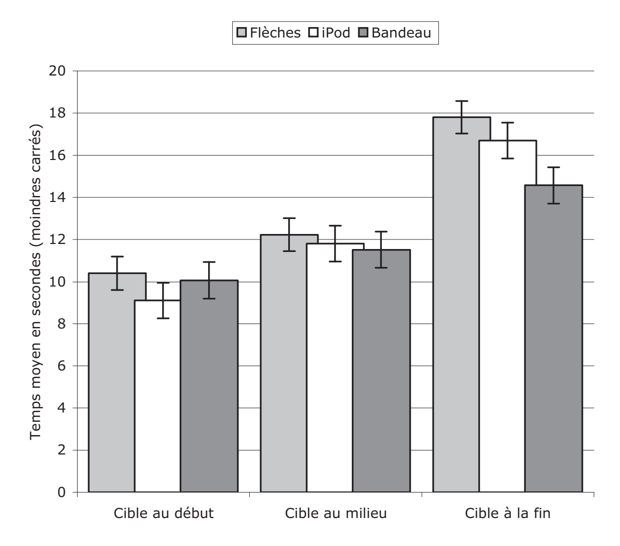


Figure 3 : Moyennes des moindres carrés du temps accompagné des erreurs standards (modèle mixte) pour atteindre la cible suivant sa position dans la liste et suivant le dispositif.

On peut également utiliser les résultats du modèle mixte afin de tenter de mettre en évidence une différence d'efficacité en terme de temps entre les différents dispositifs. Cette différence en défaveur des flèches n'est pas évidente tant que la cible n'est pas en fin de liste (figure 3). A mesure que le parcours nécessaire pour trouver la cible s'allonge, c'est le Bandeau qui prend clairement le dessus.

Nombre d'allers-retours

Ici encore, la première différence notable concerne l'existence d'une hétérogénéité significative entre les différents individus. Ainsi, dans le cas du Bandeau, le seuil de significativité est de 2 %, de 4 % dans le cas de la télécommande à flèches, et de 6 % dans le cas de la molette. Le nombre d'aller-retour dépend donc plutôt de l'aspect individuel, ce qui limite toute conclusion.

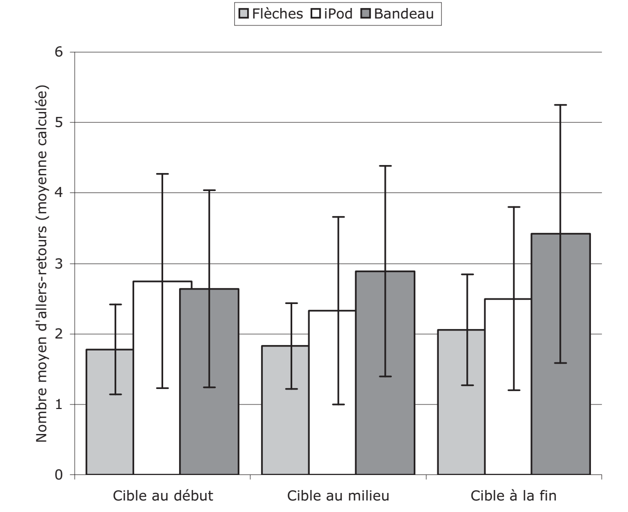


Figure 4 : Nombre moyen d'aller-retour accompagné de l'écart type (moyenne calculée) suivant la position de la cible dans la liste et le dispositif.

Le deuxième point notable concerne l'influence de chacun des scénarios sur le nombre d'aller-retour. Les résultats sont surprenants. L'efficacité de la télécommande à flèches dans ce domaine est sensible à la taille de la liste, à la position de la cible dans la liste, et aux deux facteurs simultanément, et ce à un seuil de 10 %. Ce qui constitue une première surprise compte tenu de la précision supposée de ce dispositif. Au contraire, la molette est un dispositif qui n'est pas du tout sensible au scénario employé. Quant à lui, le Bandeau est un dispositif intermédiaire, sensible uniquement à la taille de la liste. Ainsi, les trois dispositifs ont une sensibilité fort différente face au nombre d'aller-retour. Ce résultat étonnant se retrouve et se comprend sans doute mieux, à l'étude des moyennes calculées (Figure 4). La télécommande à flèches est plus efficace, avec des moyennes plus basses, à mesure que la cible se trouve loin dans une liste. Ce résultat semble assez logique, la faible vitesse favorisant probablement la détection de la cible lorsqu'elle arrive dans l'écran. Notons d'ailleurs que malgré l'hétérogénéité reconnue entre les individus, plus présente encore sur ce dispositif, la variance de ces résultats est très faible. Au contraire, les deux autres dispositifs ont des résultats bien moins performants qui témoignent d'un manque certain de précision. Notons d'ailleurs que si le Bandeau peut sembler encore moins précis que la molette, il souffre d'une variance plus grande encore que l'on peut interpréter comme une plus grande difficulté d'adaptation à ce dispositif.

Nombre d'arrêts

L'aspect individuel est une nouvelle fois très présent : les tests de significativité de la covariance sur individus, mais aussi sur Individu*Taille et Individu*Scénario, sont tous validés au seuil de 10 %, à l'exception notable de la molette (variable « Indivi-

du »). Il faudra donc tenir compte de ce biais important.

L'originalité de cette variable se retrouve dans sa corrélation relativement faible avec les conditions de l'expérience. Ainsi, dans le cas de la télécommande à flèches, seule la taille de la liste est significative et non pas le positionnement de la cible. Pour la molette et le Bandeau, ni taille ni positionnement ne le sont, et les différents scénarios n'influent pas significativement sur la valeur de la variable.

Par ailleurs, il s'agit de la première variable dont la moyenne n'est pas toujours significativement non nulle. En conséquence, et compte tenu du faible nombre de données disponibles, cette étude aura une significativité réduite. Malgré tout, on peut remarquer que le dispositif qui, de loin, nécessite le plus de pauses est le Bandeau, et ce pratiquement quelle que soit la configuration. Cela peut provenir de l'usage effectif de l'effet Turbo sur ce dispositif, effet qui entraîne des mouvements que l'on peut qualifier de balistiques : l'utilisateur doit arrêter le mouvement pour vérifier où il en est avant de le relancer. Le dispositif le plus efficace semble être la molette. Toutefois, ce problème de manque de significativité des variables nous gêne pour conclure et les résultats de cette étude sont donc peu nombreux.

DISCUSSION

Tenter d'éviter les phénomènes liés à la fatigue en limitant le temps de passation et, pour cela, ne faire passer qu'un dispositif par sujet semblait une évidence. Mais la variabilité interindividuelle qui en découle entre les dispositifs se révèle vraiment problématique avec un échantillon aussi modeste. Cela est d'autant plus malheureux que les dispositifs molette et Bandeau se sont révélés très performants en terme de rapidité, faisant ainsi chuter de manière importante les durées de passation. Si nous avions fait passer tous les dispositifs à chaque sujet (soit 45 listes par sujet) nous n'aurions sans doute que rarement dépasser l'heure et demi de passation tout en obtenant des résultats statistiquement bien plus robustes. Mais si la variabilité interindividuelle ne nous permet pas de conclure fermement, les résultats obtenus ici restent très intéressants, même s'il est important de les considérer avec prudence.

Dispositif à flèches

Comme prévu, ce dispositif se révèle précis. Par contre, dès que le nombre d'items à parcourir devient important, il se révèle moins rapide. Par conséquent si le modèle marketing exige un tel dispositif (coût dérisoire), une importante réflexion devrait être menée afin d'améliorer les performances par des astuces logicielles comme l'a tenté, par exemple, iriver sur son lecteur audio H10. Sur ce dispositif, un appui maintenu entraîne un déplacement de plus en plus rapide par paliers temporels avec un guidage graphique à l'écran.

Molette de type iPod

Ce dispositif est particulièrement intéressant. La plupart des prédictions négatives n'ont pas été mises en évidence. Certes il est moins précis qu'un dispositif avec flèches, mais cela ne réduit pas la performance globale et ne semble pas gêner les sujets. Les verbalisations et comportements relevés par l'expérimentateur ne révèlent pas d'insatisfaction sur ce point. Les données de l'expérimentateur n'indiquent pas non plus que le manque d'isomorphisme soit un problème. Le lien arbitraire entre le sens de rotation du doigt et le sens de déplacement vertical de la sélection se fait rapidement. Les données statistiques indiquent d'ailleurs une prise en main très rapide du dispositif. Comme prévu, la molette est plus efficace que des flèches pour déplacer rapidement la sélection. Cette rapidité est sans doute suffisante pour parcourir du contenu audio personnel (ce dont l'utilisateur dispose), l'accès se faisant généralement par artistes et non par titres. Par contre, dans un catalogue vidéo, un accès par titre est très probable. Le nombre de vidéos disponibles se comptera rapidement en milliers. La molette présente un mode destiné à ce type de situation, mode que nous avons appelé "effet Turbo". Cependant, les données montrent que la distance de la cible influence fortement la performance. En fait, l'expérimentateur a noté que ce mode, s'il s'activait par hasard, entraînait un arrêt de l'interaction de la part du sujet. Ce dernier semblait ne pas comprendre ce qui se passait. Certes l'animation graphique utilisée pour ce mode n'était pas au niveau de celle proposée par l'iPod mais c'est cette même animation qui était utilisée par le dispositif Bandeau sans que cela ait posé de problème.

Le Bandeau tactile

En effet, comme prévu, avec le Bandeau, les sujets découvraient naturellement l'effet Turbo et l'utilisaient. Cela explique la supériorité du dispositif en temps d'atteinte de la cible dès que celle-ci est très éloignée. Ce mode Turbo est découvert, déclenché et maintenu facilement. Pourtant, à cette vitesse, le contenu de la liste est très peu lisible. Cela explique probablement le nombre d'arrêts qui suggère un déplacement balistique de la sélection. Il est donc possible d'améliorer encore les performances en proposant un retour graphique précis et significatif sur la position pendant le défilement rapide. Cela peut prendre la forme d'un affichage en surimpression des premières lettres des titres de vidéos défilant dans la liste[3]. Ce guidage peut être adapté au contexte. Par exemple, nous avons également maquetté l'affichage des jours en superposition des programmes d'une chaîne TV défilant rapidement dans la liste.

---

[3] On note que sur sa 7[e] génération d'iPod en 2007, Apple propose un retour d'action puissant tel que celui déjà disponible sur le H10 d'iriver, à savoir l'affichage de la première lettre de l'élément sélectionné dans la liste qui défile rapidement en arrière-plan. Un tel élément pourrait répondre à ce problème.



Figure 5 : *repérage tactile des zones du bandeau (ici en place sur une télécommande)*

Le point essentiel du concept est d'allier une très grande vitesse de déplacement avec une bonne précision. Sur ce dernier point, c'est un échec. Non seulement le Bandeau n'est pas aussi précis que le dispositif à flèche, mais il est moins bon que la molette. Nous pensons que cela provient du mauvais repérage des zones tactiles. On peut mesurer l'écart entre ce qui a pu être fait sur le prototype présenté en figure 1 et le travail de design cible présenté en figure 4. L'étude montre clairement que ce point est critique et qu'il doit être repris et réévalué.

On note également une plus grande difficulté à la prise en main qui n'est probablement pas totalement liée à ce défaut de repérage des zones. Les performances des utilisateurs s'améliorent encore bien après le scénario d'apprentissage, ce qui indique un apprentissage plus long que les autres dispositifs. Les données recueillies par l'expérimentateur vont dans ce sens. Il semble que le dispositif soit plus délicat à prendre en main (nombreux regards sur la télécommande), qu'il nécessite plus d'effort de la part de l'utilisateur, utilisateur qui semble moins satisfait qu'avec la molette alors même qu'il est plus performant. Le dispositif étant destiné à un usage domestique de services essentiellement divertissants, ce défaut représente un réel problème [11].

Une solution alternative

Parmi les autres solutions que nous avons élaborées, l'une d'entre elles nous semble intéressante au vu des résultats. Cette solution est très proche de celle du Bandeau, mais plutôt que de proposer un Bandeau elle propose deux touches, l'une pour un déplacement vers le haut et l'autre pour un déplacement vers le bas. Plutôt que de faire varier le déplacement de la sélection suivant la position du doigt sur le Bandeau, on fait varier le déplacement suivant l'intensité de la pression sur le bouton : une légère pression entraîne un déplacement pas à pas, un appui maintenu déclenche un déplacement continu dont la vitesse dépend de la force de l'appui, la force maximale déclenchant l'effet Turbo. Contrôler la vitesse de déplacement avec la pression plutôt qu'avec la position serait-il plus performant ? Cette question mériterait une nouvelle expérimentation. Une telle solution permettrait-elle une prise en main aussi rapide que ce qui est constaté avec la molette rotative ? Ce n'est pas impossible mais semble difficile si l'avantage de la molette sur ce point provient du retour proprioceptif issu du déplacement du doigt, déplacement corrélé au déplacement de la sélection. Ainsi on le voit, mettre au point un dispositif permettant un déplacement très rapide et très précis de la sélection en demandant un effort très réduit à l'utilisateur n'a rien d'évident.

REMERCIEMENTS

F. Falletta (co-inventeur), S. Rabeau et M.Cabrolier (Expérimentation), B. Philippe et M. Chappuis (développements et fabrication) ; A. Fortin, T. De Baillien-court et M. Zamani (statistiques) ; L. Bidoya (Design) ; C. Chabrol (relecture).

BIBLIOGRAPHIE

1. Brangier, E. & Bastien, J. M. C. *L'analyse de l'activité est-elle suffisante et/ou pertinente pour innover dans le domaine des nouvelles technologies ?* In Valléry, G. & Amalberti, R. L'analyse du travail en perspectives. Influences et évolutions (pp. 144-156). Octares Editions, 2006.

2. Donnat, O., Larme, G. *Télévision et contextes d'usages : Évolution 1986-1998*. Réseaux Volume 21 — n°119, Âge et usages des médias, 2003.

3. Godefrey, R. (Director). *Evidence* [Film]. Independant. (Available on Youtube.com),1995.

4. International Telecommunication Unit. *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures*, ITU-R 500-11, 2002.

5. Jobs, S., Schiller, P. and Robbin, J. *Method and apparatus for use of rotational user inputs*, U.S. Patent WO03036642, 2003.

6. Lee, B. & Lee R. S. *How and why people watch TV: Implications for the future of interactive television*. Journal of Advertising Research, 35(6), 1995.

7. Logan, R. J., Augaitis, S. and Renk, T. Design of simplified télévision remote controls: a case for behavioral and emotional usability. Proccedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting. 1994, 24-28.

8. Médiamétrie. *L'audience des chaînes du Câble et du Satellite sur la période du 5 septembre 2005 au 19 février 2006*. Médiamétrie, 2006.

9. Mijeong K., Sang-Hwan K., Joonho O. & SoonJoo K. *A User Research for Gesture-based Remote Control Design*. Adjunct Proceedings of HCI International 2003. June, 87-88.

10. Parush, A. and Yuviler-Gavish, N. *Web navigation structures in cellular phones: the depth/breadth trade-off issue.*International Journal of Human-Computer Studies, 2004, 60, 753-770.

11. Shneiderman, B. *Designing for Fun: Can we design user interfaces to be more fun ?* ACM Interactions 11, 5 (pp. 48-50), 2004.

12. Shneiderman, B. *Designing menu selection systems*. Journal of American Society for Information Science, 37, 2, 57-70. HCIL-86-03, 1986.

13. Syndicat de l'édition Vidéo. *Les statistiques 2003 du SEV*, 2004.

14. Tang, K-H. E. *Menu design with visual momentum for compact smart products*. Human Factors, 43, 2001, 2, 267-277

15. Tyler Eastman, S. & Newton, G.D. *Delineating Grazing: Observations of Remote Control Use*. Journal of Communication. Vol. 45 N° 1, 1995.

ANNEXE : APERÇU DU MODÈLE MIXTE

Les sujets qui utilisent chacun des dispositifs sont différents et supposés tirés aléatoirement au sein d'une population. On utilise un modèle mixte afin de comparer et de quantifier leurs performances relatives suivant le scénario.

Un modèle différent est utilisé pour chaque dispositif.

On désigne par y(i,j,k) la valeur de l'indicateur d'efficacité choisi (qui variera suivant le type d'étude) avec

> i le type de liste (courte-1, moyenne-2, longue-3)
> j l'utilisateur considéré
> k la position dans la liste (début -1, milieu -2, fin -3)

L'indicateur se décompose en un certain nombre d'écarts à la moyenne générale μ, quantifiant l'influence des 2 effets étudiés (longueur de la liste et position de la cible), de l'effet contrôlé Individu ainsi que leurs interactions.

Le modèle est donné sous sa forme générale par l'équation suivante.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + L_j + \alpha L_{ij} + \delta_k + \alpha\delta_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Où :

α_i mesure l'écart induit par le type de liste n° i. Par définition, il est centré. C'est un effet fixe étudié.

L_j mesure l'écart statistique de l'individu j. Il est considéré comme un facteur à effets aléatoires puisque les individus sont supposés représentatifs de la population. On pose alors que cette variable suit une distribution normale de moyenne nulle et de variance δ_L^2. Les écarts sont également supposés indépendants deux à deux.

αL_{ij} mesure l'écart d'interaction « Type de Liste * Individu » qui exprime que la différence sur l'indicateur entre 2 types de listes dépend de l'individu. Cet effet est bien sûr aléatoire à cause du caractère aléatoire des individus. On suppose que les écarts aléatoires sont une fois encore normalement distribués.

δ_k mesure l'écart à la moyenne induit par le positionnement de la variable. C'est un effet fixe centré par définition.

$\alpha\delta_{ik}$ mesure l'écart d'interaction : taille de la liste * positionnement dans la liste. Il indique que l'effet de la taille de la liste sur l'indicateur va dépendre du positionnement de la cible dans la liste (et réciproquement). C'est là encore un effet fixe. On pose par définition que les écarts à un facteur sont centrés par rapport à l'autre facteur.

ε_{ijk} est ce qui reste inexpliqué par le modèle. Les "erreurs" sont supposées suivre une loi normale et être identiquement distribuées autour de zéro.

⁂

GESTION DES CONNAISSANCES, FORMATION, APPRENTISSAGE, EVALUATION



Retour d’Expérience en Enseignement de la Modélisation de Tâches

Sybille Caffiau[1,2], Dominique L. Scapin[2], Loé Sanou[1]

[1]LISI
ENSMA - 1, Avenue Clément Ader
BP 40109, F-86961 Futuroscope Chasseneuil Cedex
{sybille.caffiau, loe.sanou}@ensma.fr

[2]INRIA
Domaine de Voluceau, Rocquencourt,
BP 105, F-78153 Le Chesnay
Dominique.Scapin@inria.fr

RESUME

L’enseignement de la conception de logiciel centrée utilisateur traite de nombreux aspects. Un des aspects les plus importants est celui de la modélisation des tâches. La modélisation des tâches contribuant fortement à la qualité ergonomique et à l’acceptation du logiciel résultant, il est indispensable qu’elle soit la mieux comprise possible par les futurs concepteurs de logiciels. Dans ce but, cette étude cherche à évaluer à la fois la méthode d’enseignement utilisée, et son contenu, i.e., le modèle et son outil associé. Cet article décrit la problématique de l’étude, le modèle et le logiciel enseigné, les différentes phases de l’enseignement, et le retour d’expérience d’utilisation concrète du logiciel. Ce retour d’expérience identifie les apports et les inconvénients liés à cette utilisation sur le plan pédagogique, mais aussi du point de vue pratique, notamment en matière d’évolution des modèles obtenus et d’édition de ces modèles.

MOTS CLES : modèles de tâches, enseignement, évaluation.

ABSTRACT

Teaching user-centered design of software covers many aspects. One of the most important ones is the modelling of tasks. Task modelling contributing largely to the ergonomic quality and acceptance of the resulting software, it is essential that its concepts are well undertstood by future software designers. To this end, this study aims at evaluating both the teaching method used, and its contents, i.e. the model and its associated tool. This article describes the rationale of the study, the model and the software used, the teaching steps, and the experience feedback on the practical use of the software. The latter identifies the benefits and disadvantages of this practicle use from a pedagogical point of view, but also from a practical standpoint, including in terms of model evolution and model editing.

KEYWORDS: task model, teaching, evaluation

INTRODUCTION

Prendre en compte l’utilisateur dans la conception des systèmes interactifs est aujourd’hui une évidence [6]. De ce fait, il est nécessaire d’enseigner les méthodes pour y parvenir aux étudiants qui, une fois leurs études terminées, concevront les applications. Dans ce cadre, nous leur enseignons comment modéliser les activités humaines depuis plusieurs années. Cependant, concevoir des modèles de tâches décrivant des activités pour des applications complètes est complexe. De plus, la durée impartie à notre enseignement de la modélisation est limitée. Ces deux impératifs rendent indispensable la recherche de moyens rentables en temps et pédagogiquement profitables aux étudiants.

Dans ce but, depuis quelques années, nous utilisons un logiciel comme support lors de la mise en pratique de la modélisation des tâches. Parmi les formalismes de tâches orientés utilisateur et qui disposent d’outils logiciel dédiés et gratuits, nous en avons enseigné deux : CTT [12] (CTTE) et depuis 2007, K-MAD [11] (K-MADe [2]). Le but de cet article n’est ni d’expliciter ces choix, ni de comparer l’utilisation de ces deux formalismes mais d’exposer une étude que nous avons menée sur la manière dont un groupe d’étudiants modélise un cas et utilise un logiciel de modélisation comme support à l’enseignement. Nous avons réalisé cette étude en utilisant comme logiciel K-MADe. La principale raison de ce choix est le fait que K-MAD est issu de recherches visant à produire un noyau pour la modélisation des tâches et qu’il contient, par conséquent, l’ensemble des concepts minimaux nécessaire à une modélisation complète des tâches ; de plus le logiciel K-MADe est actuellement en phase d’évaluation et de refonte. Il s’agit donc, suite à l’observation des différentes phases d’apprentissage de la modélisation des tâches, de disposer de données sur l’enseignement de la modélisation, mais aussi de permettre l’amélioration de l’utilisation du logiciel support.

Dans cet article seront tout d’abord rapidement présentés le formalisme enseigné et le logiciel associé. Puis, nous détaillerons les différents aspects de l’évaluation que nous avons menée, les participants, les différentes phases de l’expérience, la méthode d’évaluation utilisée, les données recueillies et leur analyse. Enfin, nous ferons un

bilan de cette évaluation et des perspectives de travaux futurs pour l'évolution de K-MADe.

FORMALISME ET LOGICIEL

Nous allons dans un premier temps, présenter le formalisme K-MAD puis l'outil K-MADe qui a été utilisé lors de l'enseignement de la modélisation des tâches.

Le formalisme K-MAD

Le formalisme K-MAD permet d'exprimer hiérarchiquement l'activité de l'utilisateur en utilisant une sémantique formelle via des arbres de tâches.

Dans K-MAD, une tâche est définie par son nom, son but et son numéro. De plus, elle est caractérisée par plusieurs éléments : sa durée, son feedback, son exécutant (utilisateur, système, interactif ou abstrait), sa modalité (lorsqu'un utilisateur est impliqué), sa fréquence, son importance, les évènements qu'elle engendre et les observations la concernant.

L'ordonnancement de la tâche est défini par ses caractéristiques sur son interruptabilité, sa nécessité (facultative ou obligatoire), son itération (nombre de fois ou expression devant être vérifiée pour exécuter la tâche), sur les pré-conditions à son exécution, sur son événement déclencheur (événement qui contraint l'exécution de la tâche) et sur les modifications qu'elle effectue sur les objets (permet de donner une dynamique aux objets). Une fois définis, les objets sont utilisés pour définir les pré-conditions d'exécution des tâches, les expressions des itérations de tâches, les expressions de manipulation des objets.

Enfin, une tâche décompose ses sous-tâches en déterminant un type d'ordonnancement entre elles (séquentiel, alternatif, parallèle, pas d'ordre, élémentaire).

L'outil K-MADe

Un outil a été développé pour supporter le formalisme K-MAD : K-MADe [2]. Celui-ci permet l'édition, l'interrogation des modèles de tâches et leur simulation. Cet environnement est particulièrement destiné aux ergonomes et aux spécialistes d'IHM. C'est cet outil qui a été utilisé par les étudiants, lors des séances pratiques de modélisation. K-MADe permet de définir l'ensemble des caractéristiques du formalisme K-MAD en l'enrichissant parfois par des attributs utilisés pendant la conception des modèles ; par exemple, l'ajout d'un exécutant « inconnu » dédié à la phase de conception.

Afin de permettre la production d'un modèle de tâches répondant au formalisme K-MAD, le logiciel dispose de plusieurs composants :

- une zone d'édition graphique de l'arbre des tâches (repère 1 sur la Figure 1)
- des zones d'édition des caractéristiques de la tâche sélectionnée. Le repère 2 de la Figure 1 présente une des zones d'édition de caractéristiques.
- une zone d'édition pour les objets (abstraits et concrets), pour les utilisateurs et pour les événements. Les onglets (à gauche dans la Figure 1) permettent d'accéder aux espaces de ces éléments.

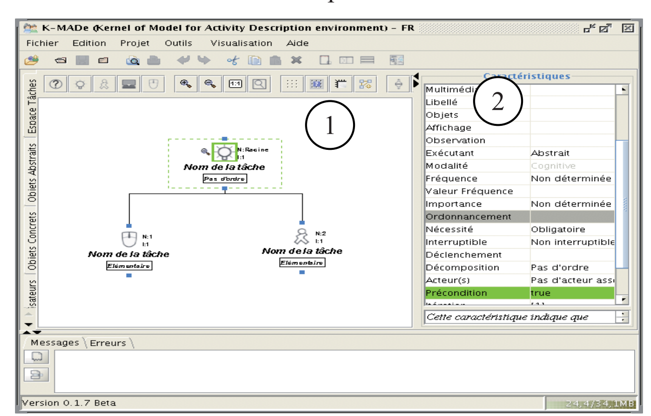


Figure 1: La fenêtre principale de K-MADe

- une calculette pour éditer les pré-conditions, post-conditions et itérations. L'expression évaluable de ces conditions est construite à partir d'une grammaire, laquelle peut être évaluée.
- des outils d'aide à l'analyse des modèles de tâches (statistiques, vérification de la grammaire, etc.)
- un outil de simulation permettant l'animation des modèles de tâches. Lorsque celui-ci est lancé, une vérification de la cohérence syntaxique (" vérification grammaire") du modèle est systématiquement réalisée. Dès qu'une erreur est identifiée, une fenêtre s'ouvre, énumérant les problèmes rencontrés.
- un outil de découpage et d'impression de l'arbre de tâches et des caractéristiques des tâches.

Plus d'informations sur le logiciel K-MADe peuvent être trouvées dans son manuel d'utilisation [3].

LES OBJECTIFS

Toutes les données recueillies lors de cette évaluation avaient pour but de connaître le rôle joué par le logiciel K-MADe lors du processus d'apprentissage du formalisme K-MAD. Pour cela, nous avons voulu évaluer son rôle lors de trois phases de la mise en pratique du formalisme étudié : la découverte de la modélisation, l'appropriation du formalisme et l'utilisation de ce formalisme aux fins d'apprentissage.

Lors de la phase de découverte du formalisme, nous avons souhaité connaître le sentiment des étudiants face à l'utilisation d'un logiciel de modélisation des tâches. Ensuite, nous avons cherché à connaître l'impact de K-MADe sur l'appropriation des concepts du formalisme. Nous avons ainsi cherché à déterminer si le logiciel a ajouté de la complexité à l'analyse, ou au contraire a apporté une aide aux apprenants.

Enfin, une fois les étudiants familiarisés avec le formalisme, nous avons cherché à évaluer comment ils utilisaient K-MADe pour concevoir leurs modèles de tâches : quels sont les outils utilisés, comment les différents concepts sont-ils définis (quand, comment et pourquoi). Cette dernière étude vise à identifer les concepts du formalisme qui ont été assimilés et à établir si K-MADe a été utilisé pour les définir.

LES PARTICIPANTS

Les étudiants ayant participé à cette évaluation sont des étudiants de 4ième année après le bac, inscrits en informatique appliquée en biologie (Master Génie Physiologique et Informatique : http://www-gphy.univ-poitiers.fr). Ils sont au nombre de 22, âgés de 21 à 25 ans. Tous ces étudiants ont comme langue maternelle le français.

LES PHASES DE L'ETUDE

L'étude a été réalisée sur une période de un mois (Janvier 2008) et s'est déroulée en deux étapes. Tout d'abord un cours magistral est dispensé afin d'exposer les principes fondamentaux de la conception centrée utilisateur et de la modélisation des tâches. Lors de ce cours, le formalisme K-MAD est présenté, suivi d'une démonstration de l'utilisation de K-MADe. La seconde étape consiste à mettre en pratique ces connaissances théoriques en modélisant sous forme d'arbre K-MAD diverses activités (décrites en texte libre). C'est pendant cette étape qu'ils se familiarisent avec l'outil K-MADe en l'utilisant pour concevoir leurs modèles de tâches.

Déroulement de l'enseignement théorique

Pendant le cours proposé aux participants, leurs sont expliqués les concepts de modélisation de tâches et d'évaluation. L'enseignement de l'IHM proposé est destiné à la conception d'applications interactives centrées utilisateur. Les modèles de tâches [1, 10] permettent d'analyser un système en mettant son utilisation au centre du processus, et d'exprimer les différentes activités que l'utilisateur souhaite pouvoir réaliser à l'aide de l'application [7]. Ils ont été conçus pour satisfaire des buts différents [1], comme l'assistance à la conception, à la validation, ou pour la génération d'une partie de l'application. Notre but n'étant pas d'enseigner exhaustivement les forts nombreux modèles de tâches publiés dans la littérature, nous concentrons notre enseignement sur le formalisme K-MAD [11], lequel repose sur la définition d'un noyau générique.

La deuxième partie du cours portant sur l'évaluation (enseignement des concepts de base de l'évaluation et des principales méthodes utilisées en évaluation [8]), le protocole que nous avons utilisé pour pratiquer notre évaluation a été donné comme exemple aux étudiants, afin qu'ils puissent pratiquer cette évaluation avant d'en concevoir une nouvelle par eux-même (ce qu'ils ont fait ensuite sur un logiciel différent).

Déroulement des séances pratiques

La mise en pratique des concepts de modélisation des tâches s'est déroulée sur trois séances. Nous allons décrire les exercices que les étudiants ont eu à faire pendant ces séances et les consignes correspondantes.

Pendant la première séance pratique, nous avons demandé la production de deux modèles de tâches distincts (MdT1 et MdT2). Le premier pouvait être réalisé soit sur papier, soit en utilisant K-MADe. Il s'agissait, pour chaque étudiant de construire un modèle de tâches correspondant à son activité pour venir en cours chaque jour de la semaine. Cet exemple fait intervenir très peu de concepts, puisque seul un exécutant humain est concerné. L'objectif pédagogique était surtout de démontrer la capacité du formalisme à modéliser les différents scénarii proposés par chaque étudiant. Pour ce premier exercice d'initiation à la modélisation, nous avons seulement demandé la décomposition des tâches (pas d'objets, ni de conditions). Les étudiants qui ont utilisé K-MADe, l'ont de ce fait uniquement utilisé comme un éditeur. Après ce premier exercice, l'utilisation de K-MADe fut imposée. Tous les autres exercices nécessitaient la définition d'objets, de conditions et parfois d'acteurs et d'événements. La seconde activité à modéliser était celle d'un agent d'accueil d'une société de location de véhicule (MdT2). Ce second modèle de tâches était à faire par binôme et sans limite de temps. Lors de cette modélisation, un enseignant était présent et assistait les étudiants pendant la première heure et demie de travail. Ensuite, les étudiants ne disposaient plus d'aide extérieure, à part celle qu'ils s'apportaient au sein de leur binôme. C'est lors de cette modélisation qu'ils ont pu explorer le logiciel.

Le lendemain, lors de la seconde séance, le modèle de tâche à produire concernait l'activité de tenue d'une feuille de match de volley ball (MdT3). La description de l'activité a été fournie sur papier et était constituée des consignes officielles de la Fédération Française de Volley Ball et d'exemples de ces feuilles de match (une feuille vierge et une feuille remplie). Les étudiants disposaient d'1h45 pour réaliser cette modélisation et devaient l'accomplir seuls sans aide ni de l'enseignant (bien sûr présent pour observer les erreurs à rectifier ultérieurement), ni d'un camarade.

Enfin, une dernière séance de 4 heures concernait K-MADe. Par groupe de 3 ou 4, les étudiants ont eu à réaliser une modélisation K-MAD (MdT4) qui sert de base à la conception d'une application interactive (gérant les données d'un laboratoire d'analyses animales (les données biologiques et administratives)).

METHODE D'EVALUATION UTILISEE

Nous avons voulu évaluer l'utilisation de K-MADe tout au long du processus d'apprentissage de la modélisation. Pour cela, nous avons eu recours à l'observation à deux

niveaux : une observation de l'ensemble du groupe (observation globale) et une observation du comportement de chaque étudiant (observation individuelle). Cette section décrit les moyens mis en œuvre pour chacune de ces observations.

Observation Globale

Après chacune des séances, l'enseignant prenait des notes sur ce qu'il avait observé. Il notait particulièrement d'un point de vue global les difficultés liées à la compréhension de l'énoncé, les concepts abordés lors de la séance et éventuellement les points qui n'avaient pas pu l'être. Toutes ces notes sont constituées de deux informations : une indication sur l'exercice (ou la question) pendant lequel l'observation a été faite et l'observation en elle-même. Pendant l'ensemble de la formation, l'enseignant a également pris en note les questions particulières posées par les étudiants sur le formalisme ou l'outil. Ces questions concernaient leurs productions particulières telles qu'une demande de vérification de leurs modèles ou une difficulté à utiliser le logiciel. Elles étaient posées selon deux modalités ; de vive voix lors d'une séance pratique ou par email. Ces données sont constituées des mêmes types d'informations que les notes prises lors des séances pratiques mais comportent en plus une indication sur l'étudiant ou le groupe d'étudiants initiateur. De ce fait, nous les avons jointes d'une part aux notes prises pendant la séance correspondante, et d'autre part à l'observation des étudiants.

Si, dans la plupart des cas, ces notes ont pour but d'améliorer notre compréhension des autres données obtenues, lors de certaines séances, nous avons récolté certaines données particulières. Ainsi, l'enseignant a recueilli les données nécessaires au premier point de notre évaluation (lors de la phase de découverte du formalisme) et des compléments d'information lorsque nous n'arrivions pas à interpréter les données dont nous disposions.

Observation Individuelle

L'observation individuelle du comportement des étudiants lors de l'utilisation de K-MADe pour concevoir leurs modèles de tâches a nécessité l'utilisation d'une méthode particulière. Nous avons réalisé cette observation uniquement lors de la séance 2, une fois la phase d'exploration de l'outil terminée. Cette séance se déroule en deux temps d'1h45 chacune, le même après-midi (1/4 d'heure sépare les deux). Les participants sont répartis en 11 groupes de deux personnes. Lors de la première moitié du temps, nous désignons quel est celui des deux qui joue le rôle de l'utilisateur (et par conséquent, quel est celui qui sera l'observateur). Nous prenons la précaution de déterminer nous-mêmes le rôle de chacun, afin de garantir que tous les niveaux d'utilisateurs sont représentés. Ils reçoivent alors les consignes. Pendant 1H45, les utilisateurs vont utiliser K-MADe pour modéliser sous forme d'arbre de tâches K-MAD, l'activité de tenue de la feuille de match de volley ball. Pendant la durée de la modélisation, l'un des rôles de l'observateur est de s'assurer que l'utilisateur décrive oralement ce qu'il veut faire, afin d'obtenir le plus clairement possible le processus mental de modélisation. Il a donc pour consigne de poser des questions pour inciter l'utilisateur à raisonner à haute voix.

La seconde de ces tâches est de transcrire les difficultés que l'utilisateur rencontre dans l'utilisation du logiciel. Il doit détecter ces difficultés d'utilisation en observant l'utilisateur (hésitations, aller-retour, exploration de diverses parties du logiciel sans actions dans chacune de ces parties…). Afin de permettre de prendre en note les observations, des fiches sont fournies aux observateurs. Une illustration d'observations prises en note est présentée Table 1. Ces fiches sont principalement composées d'un tableau de trois colonnes correspondant aux trois informations à fournir pour chaque observation :

- le type d'observation parmi les catégories définies (buts de l'utilisateur (B), fonctionnalités de l'outil proposées (F), leur utilisation (UF) et information (I)). Cette information a pour but de les guider lors de la prise de notes.
- l'observation sous forme textuelle.
- l'heure à laquelle elle est faite.

Type	Observation	Temps
UF	la fenêtre principale n'est plus accessible (« simulation » écrit dessus mais la fenêtre de simulation est inaccessible) => redémarrage de K-MADe	14h32
B	recherche où définir un objet	14h34à37
F	l'utilisateur ne comprend pas à quoi peut servir le bouton avec un entonnoir dans la fenêtre de simulation	14h40

Tableau 1 : Extrait d'une feuille de prise de notes.

Afin de compléter les notes des observateurs, nous fournissons aux utilisateurs une version de K-MADe conforme à celle qu'ils ont utilisée jusque-là, mais contenant des mouchards. Ces derniers permettent d'enregistrer dans un fichier-texte certaines actions réalisées par les utilisateurs et le moment auquel elles ont été exécutées. Il s'agit d'enregistrer précisément l'heure d'entrée et de sortie dans chacun des composants de K-MADe (espace de définition des tâches, d'objets abstraits et concrets, labels, événements, utilisateurs, fenêtre de simulation, fenêtres d'édition des conditions (pré, post et itération)…). Un exemple d'informations contenues dans ce fichier est présenté sur la Figure 2.

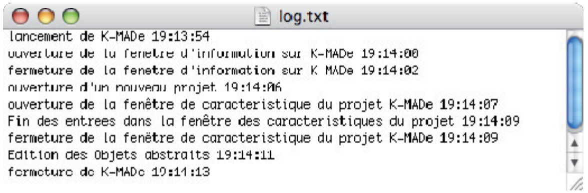


Figure 2 : Illustration des données dans le fichier-texte.

Après cette séance, chaque étudiant doit, en utilisant les données récoltées, réaliser un rapport de quelques pages détaillant trois aspects : le processus de modélisation de l'utilisateur, l'utilisation de l'outil et l'évaluation du modèle de tâches obtenu.

Pendant la seconde partie de la séance, les rôles sont inversés, l'observateur devient l'utilisateur et l'utilisateur devient l'observateur. L'expérimentation est réalisée dans les mêmes conditions et avec les mêmes consignes. La production de cette seconde phase d'évaluation se compose des mêmes éléments que la première, un fichier log, le modèle réalisé, les notes d'observation et un rapport écrit.

LES DONNEES RECUEILLIES

Comme il ne s'agissait pas d'évaluer les mêmes aspects de l'utilisation de K-MADe lors de chacune des séances, les données recueillies pour chacune de ces séances pratiques étaient différentes. La Table 2 résume le contenu et la production de chaque séance. De plus, afin de conserver des données exploitables, nous avons éliminé certaines productions. Dans un second temps, nous détaillerons les raisons de cette sélection.

Les types de données

Lors de la première séance pratique, l'objectif était de connaître le choix des étudiants pour apprendre un formalisme. Pour cela, nous avons laissé la liberté aux étudiants d'utiliser ou non le logiciel K-MADe pour réaliser leur premier modèle (l'exercice ne requérant pas particulièrement l'utilisation de K-MADe). L'enseignant a alors comptabilisé le nombre d'étudiants pour chacun des choix. C'est la seule donnée que nous avons retenue de cette modélisation.

Dans un second temps, l'objectif était d'observer comment les étudiants concevaient leurs modèles de tâches et quelles fonctionnalités de K-MADe ils utilisaient pour cela. Il a été demandé de produire deux modèles (MdT2 et MdT3). La production de MdT2 avait pour but de les familiariser avec tous les concepts de K-MAD et avec l'outil K-MADe afin que la conception de MdT3 soit exemptée de la phase de découverte de l'outil. L'intérêt de ces données réside dans le fait qu'elles n'ont pas été obtenues sous contrainte temporelle.

Lors de la réalisation de MdT3 (la tenue de feuille de match), plusieurs dispositifs ont été mis en place, pour connaître le processus de conception (mouchards, observation). Nous avons recueilli l'ensemble des productions de ces dispositifs (fichier log et notes). À partir de ces deux sources de données et du modèle de tâche produit (MdT3) par leur camarade, les observateurs devaient produire un rapport d'évaluation sur l'usage de K-MADe. Nous avons également recueilli ces documents (MdT3 et rapport).

De plus, lors de chacune des séances (y compris la dernière), lorsque l'enseignant était présent, des notes ont été prises.

séance 1	MdT1 MdT2	- rapport de l'enseignant (nombres) - modèles de tâches - notes de l'enseignant
séance 2	MdT3	- fichiers avec les étapes (log) - notes d'observation des étudiants - rapports des observateurs - modèles de tâches - notes de l'enseignant
séance 3	MdT4	- notes de l'enseignant

Tableau 2 : Les données récoltées.

Les données retenues

Lors de la première séance, le modèle de tâches de MdT2 étant à faire par groupe de deux, nous aurions dû obtenir 11 modèles. Seuls 9 nous ont été rendus. En raison d'un virus informatique, un des binômes nous a fourni une précédente version. Ces modèles étant utilisés pour étudier ce que les étudiants définissent pour concevoir un modèle de tâches qu'ils considèrent terminé, il ne correspondait pas à notre protocole. Comme les étudiants ont prévenu rapidement l'enseignant, nous avons pu isoler leur modèle afin de ne pas en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

De même, nous n'avons pas utilisé les 22 documents réalisés lors de la séance 2. Tous les modèles MdT3 étaient réalisés cependant, certains observateurs n'ont pris que très peu de notes sur les actions de l'utilisateur. Ces notes nous aidant à interpréter les données du fichier avec les étapes lorsqu'elles étaient ambiguës, nous avons isolé ces documents (au nombre de 4). L'élimination des documents étant principalement due à un manque d'implication de la part des étudiants, il s'est avéré que les 4 documents inexploitables du MdT3 correspondaient aux modèles MdT2 non rendus. De plus, nous voulions prendre les productions de MdT2 et MdT3 des mêmes étudiants afin de pouvoir les comparer notamment lors de l'évaluation sémantique de leurs modèles, nous avons donc également isolé les documents MdT3 correspondant aux étudiants dont le MdT2 avait lui-même été mis de côté. Nous avons finalement retenu 18 documents (fichier avec étapes, rapport et notes de l'observateur et modèles de tâches de l'utilisateur) pour la modélisation MdT3.

RESULTATS

Nous avons analysé ces diverses sources d'information sur l'utilisation du logiciel K-MADe en suivant 3 axes : le point de vue pédagogique ; l'autonomie des étudiants pour la correction de leurs modèles ; et l'évaluation des modèles terminés.

Enseignement des modèles avec le logiciel

Sur l'ensemble des 22 étudiants présents lors de la première séance, seuls 4 ont choisi de ne pas utiliser K-MADe pour réaliser leurs premiers modèles de tâches. Ce choix peut être expliqué par deux raisons : la majorité a choisi l'utilisation du logiciel après avoir demandé s'ils auraient à s'en servir par la suite, souhaitant de ce fait, factoriser l'apprentissage de la modélisation et de l'utilisation du logiciel ; les autres ont exprimé le fait que l'utilisation du logiciel les rassurait lors de l'apprentissage d'un formalisme. Notons que ces étudiants en bioinformatique n'ont aucune réticence à utiliser un logiciel. De plus, il nous est impossible de déduire de nos données le choix qui aurait majoritairement été fait si nous n'avions pas imposé l'utilisation de K-MADe lors des autres séances. Nous ne pouvons donc conclure sur l'apport d'un logiciel sur l'appréhension de l'apprentissage d'un nouveau formalisme par des étudiants en informatique, et a fortiori sur les autres publics.

Les 4 étudiants ayant choisi d'utiliser papier et crayon au début de l'exercice l'ont terminé en utilisant K-MADe, bien que l'enseignant n'ait pas encore imposé son utilisation. Ce changement a eu lieu après discussion avec l'enseignant sur la validité de leur modèle. Ils étaient alors contraints de le modifier en partie ou entièrement. Ces modifications rendaient leurs modèles moins lisibles que ceux de leurs camarades utilisant le logiciel. C'est pourquoi ils ont préféré refaire, puis terminer leur modèle en utilisant K-MADe.

L'utilisation du logiciel pour cet exercice de modélisation d'une activité courte (produisant des modèles de tâche de petite taille), ne permet pas d'illustrer une autre raison pouvant justifier l'utilisation du logiciel ; la navigation dans le modèle de tâches. K-MADe met à disposition deux fonctionnalités pour faciliter cette navigation : le zoom de tout le modèle de tâches et la possibilité d'afficher ou non les sous-tâches d'une tâche. Les données recueillies lors de la séance 2, nous ont permis de constater que 93,75% des étudiants utilisent une de ces fonctionnalités pour faciliter la navigation dans le modèle de tâches.

Aux facilités qu'offre l'utilisation d'un logiciel tel que K-MADe pour l'édition d'un modèle de tâches, la technique papier-crayon peut répondre par une plus grande liberté en matière de personnalisation. En effet, il a été montré dans une étude menée sur 5 ergonomes experts [5] que ceux-ci utilisaient principalement (4/5) un formalisme « maison ». Il semble évident que, pour ces ergonomes, il est difficile de concevoir un logiciel capable de s'adapter. Cependant, K-MADe permet de personnaliser la présentation (sans modification du formalisme). Bien que cette fonctionnalité n'ait été présentée par aucun enseignant, 37,6% des étudiants ont modifié les préférences (principalement la présentation des tâches) lors de la conception du MdT3, il leur est donc indispensable de pouvoir personnaliser leur outil pour la conception. De plus, dans le cadre de l'enseignement de modélisation des tâches, il est nécessaire que les étudiants se tiennent à un formalisme et à ses règles afin de permettre l'évaluation de leurs apprentissages. Pour cela, l'utilisation d'un logiciel n'offrant pas trop de libertés sur le formalisme est appréciable.

K-MADe est un tel logiciel. Il dispose notamment d'une vérification de cohérence du modèle lors de l'utilisation de l'outil de simulation. Cet outil permet la détection de certaines erreurs comme le fait qu'une tâche dite « élémentaire » ne doive pas être décomposée en tâches filles. Dés la première séance de modélisation (et donc d'utilisation de K-MADe), l'enseignant a indiqué l'existence de cette aide afin de concentrer ses interventions sur les difficultés liées au processus de modélisation, laissant ainsi le soin aux étudiants de faire faire la détection des erreurs et de chercher à les corriger par eux-mêmes. En plus de cette utilisation prévue, il a permis de mettre en évidence une difficulté de compréhension sur ce qu'est la décomposition des tâches. En effet, une partie des étudiants (près d'un tiers) confondait la relation de filiation de deux tâches avec la relation d'héritage et obtenaient de ce fait, des tâches décomposées en une seule sous-tâche. Ce type d'incohérence étant relevé par l'outil, l'enseignant a pu rapidement remédier à cette incompréhension.

Correction du modèle de tâches par les étudiants

Lorsque les étudiants ont eu à modéliser une activité sans aucune assistance (MdT3), 62,5% d'entre eux ont utilisé au moins un des outils de correction. De plus, 12,5% des étudiants ne l'ayant pas utilisé prévoyaient de le faire s'ils en avaient eu le temps (l'exercice était d'une durée limitée).

L'étude sur le processus de modélisation a montré que les étudiants lançaient l'outil de simulation plus particulièrement à deux moments, après la décomposition des tâches (37,5%) et une fois qu'ils estimaient la modélisation terminée (75%). Sur l'ensemble des étudiants qui ont lancé l'outil de simulation, 90% ont eu la fenêtre de cohérence qui s'est ouverte (le modèle était incohérent). Nous avons également constaté que lorsque les étudiants lançaient l'outil de simulation, dans 87,5% des cas, une fois que l'outil de cohérence ne détectait plus d'erreurs, l'outil était refermé. Cette observation tend à montrer que pour tous ces étudiants, le lancement de l'outil de simulation n'avait pour but que d'atteindre l'outil de cohérence. De plus, bien que cet outil soit disponible seul,

aucun étudiant n'a activé la vérification de la grammaire sans passer par la simulation. Nous pouvons expliquer cela par deux raisons : soit ils n'ont pas remarqué l'outil de vérification de la grammaire indépendante de la simulation, soit ils préfèrent lancer la simulation sachant que la vérification va être faite. 77,8% des étudiants ayant eu des erreurs de cohérence dans leurs modèles de tâches les ont modifiés afin de corriger ces erreurs. Tous ces étudiants ont réussi la correction de l'ensemble des erreurs identifiées. Les 2 étudiants restants (dont les modèles comportaient des erreurs déclenchant l'ouverture de la fenêtre de cohérence et qui n'ont pas réussi à modifier leurs modèles pour en tenir compte) sont des étudiants qui n'ont pas, ou tardivement (5 minutes avant la fin du temps imparti) compris l'utilisation de cet outil de cohérence. Cependant, les données recueillies ne permettent pas de savoir si ce sont les messages d'erreur qui n'étaient pas assez clairs ou la relation entre le message et l'erreur (lorsque l'on clique sur le message, la tâche correspondante est sélectionnée) qui n'était pas explicite. Nous pouvons tout de même souligner que seul un cinquième des étudiants ayant lancé l'outil de cohérence a rencontré des difficultés à l'utiliser et que lorsqu'une erreur est corrigée, toutes les autres le sont également (sauf limitation dans le temps).

Si cette fenêtre d'information sur les erreurs de cohérence du modèle est un outil apprécié par les étudiants pour la correction de leurs modèles, il nous est plus difficile d'avoir des informations sur la fenêtre de simulation en elle-même. Cet outil a soulevé beaucoup de questions sur la manière dont il pouvait être utilisé et à quoi il servait. Lors de la conception de leur troisième modèle de tâches, sur les 16 étudiants, 8 sont parvenus à l'ouverture de l'outil (celui-ci ne s'ouvrant qu'une fois toutes les erreurs de cohérences corrigées) et un seul a su l'utiliser et a généré des scénarios. Lors de l'utilisation de K-MADe qui a suivi, l'enseignant a présenté de nouveau comment utiliser l'outil de simulation et d'après les étudiants, le manque d'utilisation de cet outil est dû principalement à deux raisons : d'une part, lors de la première présentation (théorique), les étudiants n'avaient pas conscience de l'utilité de cet outil, ils n'ont donc pas mémorisé la manière de le faire fonctionner. D'autre part, lorsque les étudiants ont souhaité vérifier leur modèle, l'enseignant a indiqué où trouver l'outil de simulation mais pas comment réaliser les scénarios.

Évaluation des modèles obtenus

Dans cette section, nous utilisons les modèles produits après la première séance (MdT2) afin de ne pas avoir à prendre en compte les difficultés liées aux contraintes de temps. La Table 3 résume le nombre de modèles (sur les 8) ayant défini les objets abstraits, les objets concrets, au moins une postcondition, au moins une itération, au moins un événement et au moins un utilisateur. Nous n'avons pas tenu compte des définitions des préconditions car l'enseignant les a utilisées pour illustrer l'utilisation des objets pour éditer les conditions logiques. De plus, tous les binômes ont produit un modèle ayant des tâches décomposées (au moins deux niveaux de décomposition).

objets abstraits	8
objets concrets	7
postcondition	7
itération	4
événement	1
utilisateur	2

Tableau 3 : Proportion des composants de K-MAD définis.

D'après ces résultats, il appparait que le concept d'objets abstraits a été bien assimilé. La définition d'un objet abstrait demande l'attribution d'un nom pour désigner l'objet et les attributs de l'objet. Le nom de l'objet et le nom des attributs sont indiqués sous forme textuelle, l'utilisation du logiciel n'a en rien modifié ces définitions. Cependant, les attributs des objets de K-MADe possèdent un type (booléen, texte, nombre). Ceux-ci correspondant à des types informatiques, leurs définitions n'a pas posé de difficultés pour les étudiants en bioinformatique.

Ces objets sont instanciés en objets concrets afin d'être modifiés par l'exécution des post-conditions. Sept des huit binômes ont défini des objets concrets et au moins une post condition. Cependant, bien que les conditions et les objets soient liés, il ne semble pas que la relation entre les deux concepts soit clairement comprise par les étudiants. Ce constat est appuyé par le fait qu'il ne s'agit pas du même groupe que celui qui n'a pas défini d'objets concrets et de postconditions. Afin de confirmer cette observation, nous avons étudié les moments auxquels les étudiants définissaient les objets et les conditions à partir des données obtenues lors de la séance 2. Les 7/8 des modèles rendus (MdT3) contenaient des objets et des conditions (l'exercice était à produire dans un temps limité, il est donc impossible de déduire quoi que ce soit des modèles sans objets ni conditions, l'imputation pouvant être attribué au temps). Sur ces modèles, 71,5% ont défini les objets séparément des conditions et sur ce nombre, 7/10 ne sont pas revenus sur la définition de leurs objets une fois leurs conditions définies, ce qui tend à appuyer notre observation.

Cependant, les concepts de condition (pré et post) semblent compris, les étudiants ne sachant pas définir les conditions sous forme logique les ont indiquées sous forme textuelle. K-MADe permet en effet d'éditer les conditions sous forme logique (utilisant une syntaxe proche du language B [9]) et textuellement. La Figure 3 montre une précondition à l'exécution de la tâche « location de voiture » éditée à la fois sous forme textuelle et sous forme logique. Cependant, comme il est impossible de vérifier une condition textuelle, ce mode d'édition de conditions n'est pas utilisé lors de la simulation et donc rend impossible la vérification de ces conditions. De

plus, la notion de post condition était connue des étudiants comme étant une condition logique. Cependant, le logiciel K-MADe définit les post conditions comme étant une (des) action(s). Cette définition a entraîné une confusion chez les étudiants qu'il a été nécessaire de corriger afin qu'ils puissent utiliser le logiciel de manière correcte.

Edition textuelle de la précondition

les voitures doivent etre disponibles

Edition de la précondition

getValue($vehiculesDisponibles ,$disponible)==true

Figure 3 : Edition textuelle et logique d'une précondition.

Enfin, bien que l'activité à modéliser ait nécessité l'utilisation d'itérations, seule la moitié des modèles les inclut. Dans K-MADe, la définition des itérations se réalise de la même manière que les définitions des conditions (objets concrets et opérateurs logiques). Nous n'avons donc pas trouvé de raison propre à ce concept expliquant ce manque de définition. Le concept d'itération a été enseigné en même temps que ceux de pré et de post-conditions. Cependant, pendant les séances pratiques, l'enseignant n'a pas explicité ce concept alors qu'il a illustré la notion de précondition et expliqué celle de post-condition. Le manque d'itérations définies semble donc dû à un défaut dans l'enseignement, qui n'appuie pas suffisamment sur ce concept. Cette observation est encore plus vraie pour les notions d'événement et d'utilisateur. En effet, dans le logiciel, ces concepts sont définis sous forme textuelle n'induisant de ce fait aucune difficulté particulière. Seul, le fait que l'enseignant ne les ait pas particulièrement illustrés peut expliquer leur manque d'utilisation.

BILAN-PERSPECTIVES

L'évaluation présentée dans cet article est basée sur l'exploitation des données que nous avons obtenues lors de l'utilisation du logiciel K-MADe comme support à l'apprentissage de la modélisation des tâches à des informaticiens. Elle consitue une première évaluation d'usage de K-MAD par des débutants et pour la conception. Ces données nous ont révélé que ces utilisateurs trouvent avantageuses les fonctionnalités mises en place pour la navigation (93,75% des étudiants en utilisent au moins une) et qu'ils préférent utiliser le logiciel dans un soucis de lisibilité (tous les étudiants ayant choisi l'utilisation de papier et crayon pour éditer leurs modèles se sont ravisés dès les premières modifications). D'un point de vue pédagogique, l'utilisation de K-MADe au travers ses outils, fournit une aide syntaxique nécessaire aux étudiants (90% des étudiants ayant lancé la simulation avaient des erreurs syntaxiques dans leurs modèles). Cette étude a donc montré que l'utilisation de K-MADe apportait des avantages lors de l'apprentissage de la modélisation des tâches. De plus, nous avons noté que son utilisation est positive, notament lors de l'apprentissage des conditions. Afin d'accentuer cet apport pédagogique, des modifications sont en cours visant à incorporer d'avantage l'outil de vérification de cohérence dans la conception et à faire en sorte que le fonctionnement de l'outil de simulation soit plus accessible. Nous avons également noté la difficulté des étudiants à définir les conditions logiques et à utiliser l'outil de simulation. Or, ces deux éléments sont nécessaires pour la vérification et la validation des modèles. Dans ce sens, des études sont menées pour identifier précisément les difficultés et améliorer leur utilisation. D'autres évaluations sont également menées pour avoir des données plus précises sur les typologies des méthodes de modélisation ou l'utilisation spécifiques des objets [4]. Enfin, il sera utile de s'intéresser à d'autres utilisateurs, par exemple en procédant à cette évaluation avec des informaticiens confirmés et des ergonomes spécialisés en IHM.

BIBLIOGRAPHIE

1. Balbo, S., Ozkan, N. and Paris, C. *Choosing the Right Task-modeling Notation: A Taxonomy*. In "The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction", Diaper D., Stanton N.A. (Eds.), Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 445-466.
2. Baron, M., Lucquiaud, V., Autard, D. and Scapin, D. K-MADe : un environnement pour le noyau du modèle de description de l'activité. In *Proceedings of IHM'06* (18-21 avril 2006, 2006, Montréal, Canada), ACM Publishers, 2006, pp. 287-288.
3. Baron, M. and Scapin, D. Manuel d'utilisation de K-MADe. Disponible à l'adresse http://kmade.sourceforge.net/.
4. Caffiau, S., Girard, P., Scapin, D.L., Guittet, L. and Sanou, L. Evaluation of Object use in Task Modeling. In *Proceedings of TAMODIA* 2008, Pisa, Italia), 2008, en publication.
5. Couix, S. Usages et construction des modèles de tâches dans la pratique de l'ergonomie : une étude exploratoire. Disponible à l'adresse http://www.biomedicale.univ-paris5.fr/taskmodelsurvey/accueil.
6. Diaper, D. *Understanding Task Analysis for Human-Computer Interaction*. In "The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction", Diaper D., Stanton N.A. (Eds.), Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 5-48.
7. Diaper, D. and Stanton, N.A. *The Handbook of Task Analysis for Human Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
8. Kovacs, B., Gaunet, F. and Briffault, X. *Les techniques d'analyse de l'activité pour l'IHM*. Hermes Science, 2004.
9. Lano, K. *The B Language Method: A guide to practical Formal Development*. Springer, 1996.

10. Limbourg, Q. and Vanderdonckt, J. *Comparing Task Models for User Interface Design*. In "The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction", Diaper D., Stanton N.A. (Eds.), Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 135-154.

11. Lucquiaud, V. *Sémantique et Outil pour la Modélisation des Tâches Utilisateur: N-MDA*, Thèse, Poitiers, 2005, p. 285.

12. Paternò, F., Mancini, C. and Meniconi, S. ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models. In *Proceedings of IFIP TC13 human-computer interaction conference (INTERACT'97)* 1997, Sydney, Australia), 1997, pp. 362-369.

Concevoir des Systèmes Sociotechniques Complexes Résilients et Reconfigurables pour Garantir un Niveau de Sécurité Optimal

Gaël Morel & Christine Chauvin
Université Européenne de Bretagne
Laboratoire CRPCC, équipe Lestic
Rue Saint Maudé – F56321 LORIENT
gmorel@univ-ubs.fr ; cchauvin@univ-ubs.fr

André Rossi & Pascal Berruet
Université Européenne de Bretagne
Laboratoire Lab-STICC
Rue Saint Maudé – F56321 LORIENT
andre.rossi@univ-ubs.fr ; pascal.berruet@univ-ubs.fr

RESUME
Depuis les années 1930, les avancées technologiques ont rendu les systèmes industriels de plus en plus complexes. D'un point de vue historique, les différentes approches en matière de sécurité et de prévention des risques industriels ont considérablement évolué afin d'être en mesure d'apporter des réponses efficaces à cette évolution permanente. Ainsi, plusieurs grandes périodes de sécurisation se sont succédées depuis les années 1930 : 1. fiabilité technique ; 2. fiabilité humaine ; 3. erreurs humaines ; 4. approches systémiques. Très récemment, la communauté de chercheurs regroupée autour d'Hollnagel & Woods s'emploie à construire les bases d'une nouvelle approche en matière de sécurité des systèmes complexes : l'ingénierie de la résilience. Cette communication présente le cadre théorique centré sur la résilience et pose la problématique de recherche relative à l'introduction de la résilience dans le processus de conception des systèmes sociotechniques complexes à travers une démarche trans-disciplinaire.

MOTS CLES : Sécurité, Résilience, Conception, Systèmes Sociotechniques Complexes, Reconfiguration.

ABSTRACT
Since the 1930's, technological advances have made industrial systems increasingly complex. From an historical perspective, the various approaches to safety and industrial risk prevention has evolved considerably in order to be able to give effective responses to this evolution. Thus, several major safety periods have come since the 1930's: 1.Technical reliability; 2.Human Reliability 3.Human errors; 4. Systemic approaches. Most recently, the community of researchers regrouped around Hollnagel & Woods strives to build the foundations for a new safety approach regarding the sociotechnical complex systems: resilience engineering. This communication presents the theoretical framework focused on resilience and raises the research issue centred on the introduction of resilience in the design process of sociotechnical complex systems - through a cross-disciplinary approach.

KEYWORDS : Safety, Resilience, Design, Complex Sociotechnical Systems, Reconfiguration.

EMERGENCE DU CONCEPT DE RESILIENCE
Les premiers efforts en matière de sécurité ont porté sur le développement de méthodes et outils (Arbre des défaillances, Arbres d'évènements, etc…) visant à fiabiliser les composants techniques des systèmes. Leur mise en œuvre s'est traduite par une diminution très nette des accidents attribués aux défaillances techniques.
Entre 1960 et 1980, un certain nombre d'accidents industriels majeurs ont très clairement fait apparaître que l'opérateur humain constituait un facteur « d'infiabilité ». Le besoin de fiabiliser la composante humaine s'est alors imposé comme une évidence, même s'il était déjà communément admis depuis des décennies que l'homme, de part sa nature adaptative, était capable de contourner les dispositifs de sécurité, même les plus avancés [17]. A partir des principes quantitatifs issus de la sûreté de fonctionnement, un certain nombre de méthodes de fiabilité humaine ont été élaborées, dont la plus célèbre : THERP [20] (Technique for Human Reliability Analysis). Cependant, les accidents de Brown's Ferry (1975), de Tenerife (1977) et de Three Miles Island (1979) ont fait prendre conscience des limites de ces méthodes de quantification des erreurs et de la nécessité de développer de nouveaux cadres de description visant à mieux appréhender la composante humaine dans sa dimension cognitive. La psychologie ergonomique a été en mesure d'apporter ces cadres de description, notamment grâce aux travaux ayant porté sur la modélisation du fonctionnement cognitif des opérateurs [15] & [10] et ceux ayant porté sur l'erreur humaine [14] & [19].
Rapidement, l'objectif d'évitement total de l'erreur a été abandonné (irréaliste d'un simple point de vue théorique) et la sécurité s'est naturellement déplacée vers une perspective plus systémique [12], [18] & [16]. En effet, la série d'accidents majeurs survenus entre 1985 et 1990 (Bhopal, 1984 ; Tchernobyl, 1986, Zeebrugge, 1987, Challenger, 1986, King's Cross, 1987…), au sein d'un éventail de technologies pourtant bien défendues, ont révélé que les causes de ces accidents pouvaient se situer

au niveau des sphères managériales et organisationnelles des systèmes complexes et non pas uniquement au niveau où le travail est réalisé par les opérateurs.
Depuis les années 1980, la sociologie montre également un grand intérêt concernant ce type d'approche en examinant plus particulièrement le rôle des organisations dans la genèse des accidents. Deux approches majeures ont été développées. La première est centrée sur les accidents qui surviennent au niveau des sphères organisationnelles des systèmes [21], [23] & [22] et la deuxième s'intéresse davantage à la manière dont les organisations peuvent jouer un rôle en matière de sécurité (Culture de sécurité, [26] ; High Reliability Organizations, [11] & [25]).
En parallèle des approches systémiques et dans le même héritage de Rasmussen [10], Hollnagel et Woods ont mis l'accent sur les conditions d'un meilleur couplage homme - machine, qui ferait considérer le risque lié aux systèmes plus par leur dynamique d'interaction que par les risques de défaillances des composantes isolées de ce système, machine d'un côté et homme de l'autre (concept de Joint Cognitive Systems [7]). A partir des années 90, une importante communauté de chercheurs en psychologie ergonomique s'est inscrite dans cette mouvance, avec trois caractéristiques fortes : 1. un intérêt pour les situations dynamiques complexes (aéronautique, rail, nucléaire, hauts fourneaux, situations militaires) ; 2. pour les études de terrain et les arbitrages de sécurité réellement opérés par les opérateurs (Prise de décision en situation naturelle (Naturalistic Decision Making : [9] ; Sécurité Ecologique : [2]) ; 3. un intérêt pour limiter les pièges ou surprises des opérateurs provoquées par une automatisation mal conçue [4] & [27]).
La multiplication récente d'accidents et de catastrophes (accidents d'avion, de train, inondations…) a conduit cette même communauté de chercheurs à réfléchir à une autre approche de la sécurité des systèmes complexes articulée autour du concept de résilience : capacité d'une organisation à conserver ou à recouvrer rapidement un état stable, lui permettant de poursuivre ses activités durant et après un accident majeur ou bien en présence de pressions continues et importantes [28].

ANCRAGE THEORIQUE

La présente recherche s'inscrit dans le cadre théorique de l'ingénierie de la résilience développé par Hollnagel, Woods & Leveson [6] d'une part et dans celui des systèmes reconfigurables élargis [3] d'autre part. Cette bivalence théorique tente de réunifier les approches issues des sciences humaines (ergonomie/facteurs humains) avec celles des sciences de l'ingénieur (sûreté de fonctionnement/automatisme) pour élaborer une méthodologie de conception des systèmes sociotechniques complexes. L'objectif de cette approche trans-disciplinaire repose sur la nécessité de concevoir des systèmes résilients (capables de s'adapter et de faire face à la survenue de perturbations [6] ; capables de garder le contrôle malgré l'existence de fortes pressions [6]) et reconfigurables (propriété assurant la modification de la structure d'un système qui a défailli, de telle sorte que les composants non défaillants permettent de délivrer un service acceptable, bien que dégradé. La reconfiguration augmente la disponibilité des applications réparties en leur permettant d'évoluer pendant l'exécution [1]). Nous postulons *a priori* que ces deux propriétés inhérentes aux capacités d'adaptation des systèmes sont essentielles pour assurer un niveau de sécurité optimum au sein des systèmes complexes et doivent être spécifiées dès la conception de ces derniers.

PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

Dans le domaine de la psychologie ergonomique, les travaux fondateurs de Rasmussen [10] & [13] ont posé les bases d'une méthode de conception des systèmes sociotechniques complexes. L'ouvrage de Vincente [24] présente cette méthode d'une manière didactique et approfondie. Elle comporte cinq phases successives :

- l'analyse du domaine de travail vise à définir l'objet de l'action,

- l'analyse de la tâche a pour but d'identifier ce qui doit être fait, elle répond à la question *quoi*,

- l'analyse des stratégies met en évidence la façon dont cela est fait, elle répond à la question *comment*,

- l'analyse socio-organisationnelle a pour but de déterminer la répartition des exigences de la tâche entre les acteurs, elle répond donc à la question *qui*,

- l'analyse des compétences doit permettre d'identifier les compétences d'un opérateur idéal.

Cette méthode de conception présente de nombreuses limites [5]. La plus importante se situe au niveau de l'allocation des fonctions entre agents techniques et opérateurs humains. Or, cette étape dans le processus de conception d'un système sociotechnique complexe est fondamentale dans la mesure où elle va conditionner la conduite même du système une fois mis en service. A ce titre, quand un aléa survient dans un système fortement automatisé, on observe qu'il est difficile pour l'opérateur humain de reprendre les commandes du système. Il éprouve en effet des difficultés pour détecter le problème et pour intervenir dans la boucle de contrôle. Ce constat – établi dans de nombreux cas d'accidents – conduit différents auteurs à proposer une philosophie de l'automatisation qui soit centrée sur l'homme et qui vise à faciliter les relations entre l'homme et la machine dans le contrôle et la gestion d'un système complexe. Dans le cadre de cette philosophie, deux approches co-existent [8] : 1. une approche « statique » visant à optimiser la répartition des tâches entre l'homme et la machine. Cette approche définit différents niveaux d'automatisation (LOA : Level Of Automation) dont elle cherche à mesu-

rer l'impact sur la performance globale du système mais aussi sur la charge de travail des opérateurs et sur la représentation qu'ils se font de la situation (Situation Awareness ou SA) ; 2. une approche « dynamique » visant à allouer différentes fonctions à l'homme ou à la machine en fonction des exigences de la situation (AA : Adaptative Automatisation ou DFA : Dynamic Function Allocation). Cette deuxième approche cherche donc à définir ce qui doit être automatisé, quand et comment il faut automatiser. Elle prône une allocation dynamique des fonctions dépendant notamment de l'occurrence d'un événement critique, de la mesure de la performance et de l'évaluation de la charge de travail.

L'allocation des fonctions entre agents techniques et opérateurs humains est donc une question centrale en matière de conception des systèmes sociotechniques complexes. Cette phase dans l'acte de conception influe directement sur le potentiel de résilience et de reconfiguration des systèmes, autrement dit leur capacité de faire face à la survenue d'aléas (résilience) et leur capacité à assurer les missions pour lesquelles ils ont été conçus malgré l'apparition de défaillances (reconfiguration). Il apparaît ainsi clairement que les notions de résilience et reconfiguration se recoupent malgré leurs origines différentes. Notons toutefois que le terme reconfiguration n'a jamais été utilisé pour qualifier une activité humaine, mais qu'en revanche il caractérise l'exploitation de la flexibilité disponible pour faire face à des aléas (à l'instar de la résilience) aussi bien qu'à un changement plus progressif de contexte, voire d'objectif assigné au système. Il n'en demeure pas moins vrai que résilience et reconfiguration visent à assurer la sécurité et la disponibilité des systèmes sociotechniques complexes en contexte incertain.

Cette question d'allocation des fonctions renvoie également, et d'une manière encore plus précise, au concept d'opération (fonction mise en œuvre par une ressource considérée comme un composant du système. Une ressource peut donc être de nature technique ou bien humaine). L'allocation des fonctions reposera donc, d'une manière implicite, sur la répartition des opérations entre les agents techniques et les opérateurs humains ; l'objectif étant d'aboutir au final à un couplage homme/machine optimal permettant de garantir la sécurité et la disponibilité des systèmes sociotechniques complexes.

Finalement, pour pouvoir appréhender cette question centrale relative à l'allocation des fonctions, il est nécessaire d'adopter une démarche de conception transdisciplinaire associant les sciences humaines (ergonomie/facteurs humains) et les sciences de l'ingénieur (sûreté de fonctionnement/automatisme).

Par ailleurs, il est important de préciser que derrière l'allocation des fonctions entre agents techniques et opérateurs humains, se pose – en filigrane – la question de la responsabilité/responsabilisation/déresponsabilisation, du maintien des compétences de l'opérateur et de la coopération/tension entre le système et l'opérateur. Même si la dimension cognitive et fonctionnelle est primordiale en terme d'allocations des fonctions, cette dernière implique aussi des enjeux stratégiques et socioprofessionnels.

ORIENTATIONS METHODOLOGIQUES ET CADRE APPLICATIF

Nous proposons de mettre en œuvre la démarche générique de conception sûre proposée à la figure 1 (voir à la fin du texte) en l'appliquant à la conception d'un système sociotechnique complexe fortement automatisé et conduit par des opérateurs humains ; ce système étant destiné à la navigation maritime – N.B : *Pour des raisons de confidentialité, il ne nous est pas possible de donner plus de précisions quant à la nature de ce système.*

La figure 1 montre que la démarche proposée ne s'appuie pas seulement sur les données techniques du système à concevoir : une analyse structurelle et fonctionnelle est également requise, c'est elle par ailleurs qui fixe la granularité des résultats de la démarche. Les étapes A2 et A3 sont consacrées à l'analyse des modes et à l'identification des flux informationnels du système. Les outils proposés dans [3] sont tout à fait adaptés à cette fin. Il en résulte un ensemble exhaustif d'opérations, qui sert de base à l'allocation des fonctions proprement dites. Enfin, une phase de simulation permet de valider itérativement l'allocation des fonctions, afin de s'assurer que les objectifs de sécurité requis sont remplis.

BIBLIOGRAPHIE

1. Afnor. *Organisation et gestion de la production industrielle : concepts fondamentaux de la gestion de production.* Norme NF X 50-310, 1991

2. Amalberti, R. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science,* 37, 2001, pp.109-126.

3. Berruet, P. *Contribution au recouvrement des SFPM: analyse de la tolérance et reconfiguration.* Thèse de doctorat de l'Ecole Centrale de Lille, 1998.

4. Billings C. *Aviation automation: the search for a Human-centred approach*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum associates, 1997.

5. Chauvin, C., Hoc, J.M. Intégration de l'ergonomie dans la conception des systèmes homme/machine, *sous presse*.

6. Hollnagel, E., Woods, D., & Leveson, N. *Resilience Engineering: concepts and precepts.* Aldershot, UK: Ashgate publishing, 2006.

7. Hollnagel, E., & Woods, D. D. Cognitive system engineering: new wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies,* 18, 1983, pp.583-600.

8. Kaber, D. B., & Endsley, M. R. The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science,* 5/(2), 2004, pp.113-153.

9. Klein, G., Orasanu, J., Calderwood, R., & Zsambok, C.E. *Decision Making in Action: Models and Methods*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Co, 1993.

10. Leplat, J. Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail. Paris : A. Colin, 1985.

11. Perrow, C. *Normal accidents: living with high risk technologies*. New York: Basic Books, Inc, 1984.

12. Rasmussen, J. J. Risk management in a dynamic society, a modelling problem. *Safety Science,* 27, 1997 pp.183-214.

13. Rasmussen, J., Pejtersen, A.M., Goodstein, L.P. Cognitive Systems Engineering. Wiley, New York, 1994.

14. Rasmussen, J. Information Processing and Human–machine Interaction. Amsterdam, North Holland: Elsevier, 1986.

15. Rasmussen, J., & Jensen, A. (1974). Mental procedures in real-life tasks: A case study of electronic troubleshooting. *Ergonomics*, 17, 1974, pp.293-307.

16. Reason, J. *Managing the risks of organisational accidents*. Aldershot, UK: Ashgate, 1997.

17. Reason, J. New approaches to organisational safety. In B. Wilpert & T. Qvale (Eds.) *Reliability and safety in hazardous work systems* (pp. 7-22). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.

18. Reason, J. *Human error*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990.

19. Reason, J. Modelling the Basic Error Tendencies of Human Operators. *Reliability Engineering and System Safety*, 22, 1988, pp.137-153

20. Swain, A.D. *THERP*. Sandia Lab., Albuquerque, New-Mexico, Report SC.R.64.1338, 1964.

21. Turner, B. A. *Man-made disasters*. London, England: Wykeham Publications, 1978.

22. Vaughan, D. The normalization of deviance: Signals of danger, situated action, and risk. In H. Montgomery, R. Lipshitz & B. Brehmer (Eds.), *How professionals make decisions.* (pp. 255-276). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2005.

23. Vaughan, D. *The challenger launch decision*. Chicago: Univ. Chicago Press, 1996.

24. Vicente, K.J. Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-based Work. Erlbaum, Mahwah, NJ, 1999.

25. Weick, K. *Making Sense of the organization*. Massachusetts: BlackWell Publishing, 2001.

26. Wilpert, B., & Qvale, T. *Reliability and Safety in Hazardous work System: approaches to analysis and design*. Wilpert & T. Qvale (Eds.) Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.

27. Woods, D. D., Johannsen, L., Cook, M., & Sarter, N. (Ed.). *Behing Human Error*. Dayton OHIO: WPAFB, CERSIAC SOAR 94-01, 1994.

28. Wreathall, J. Properties of resilient organizations: an initial view. In E. Hollnagel, D.D. Woods & N. Leveson (Eds.), *Resilience Engineering: concepts and precepts* (pp. 258-268). Aldershot, UK: Ashgate publishing, 2006.

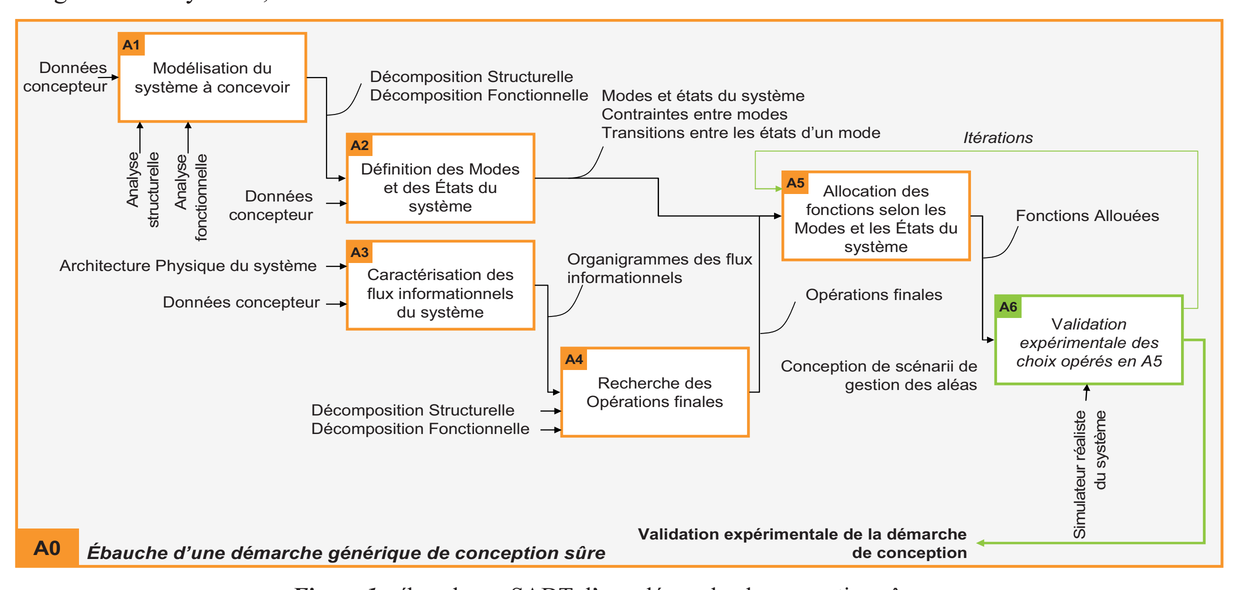


Figure 1 : ébauche en SADT d'une démarche de conception sûre

Premières pistes pour l'autonomie adaptative sans niveaux

Stéphane MERCIER, Catherine TESSIER

Onera-DCSD
2 avenue Edouard Belin - BP 74025
31055 TOULOUSE Cedex 4
{stephane.mercier, catherine.tessier}@onera.fr

Frédéric DEHAIS

Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
10 avenue Edouard Belin - BP 54032
31055 TOULOUSE Cedex 4
frederic.dehais@isae.fr

RÉSUMÉ
Dans le cadre de la supervision de mission d'un ou plusieurs agents artificiels (robots, drones...) par un opérateur humain, la question du partage des rôles et de l'autorité est une problématique avérée. En effet, un équilibre doit être trouvé entre le contrôle purement manuel des engins qui permet en général d'avoir une grande confiance dans le système mais qui soumet l'opérateur humain à une charge de travail importante, et l'autonomie totale des engins qui offre moins de garanties en environnement incertain et de moins bonnes performances. L'autonomie ajustable (ou adaptative) basée sur les niveaux d'autonomie semble être une réponse à ce type de problème. Cependant, ce type d'approche n'est pas exempte de défauts : les niveaux constituent des modes de partage d'autorité et de répartition des tâches rigides et prédéfinis, sans compter le manque de recul concernant les apports de l'opérateur trop souvent considérés comme uniquement bénéfiques. Nous présentons les concepts élémentaires d'une approche destinée à adapter dynamiquement l'autonomie d'un agent relativement à un opérateur humain, non pas axée sur l'utilisation de niveaux d'autonomie mais sur la base de la gestion des ressources et des conflits d'utilisation de ces ressources.

MOTS CLÉS : Autonomie adaptative, Partage d'autorité, Systèmes multiagents, Interactions Homme-Machine.

ABSTRACT
In the context of supervisory control of one or several artificial agents by a human operator, the definition of the autonomy of an agent remains a major challenge. When the mission is critical and in a real-time environment, e.g. in the case of unmanned vehicles, errors are not permitted while performance must be as high as possible. Therefore, a trade-off must be found between manual control, usually ensuring good confidence in the system but putting a high workload on the operator, and full autonomy of the agents, often leading to less reliability in uncertain environments and lower performance. Adjustable (or adaptive) autonomy based on autonomy levels seems to be a good solution for this type of problem. However, such an approach still has drawbacks: levels represent predefined authority sharing modes and task allocations that are not flexible. Moreover the human operator is always seen as a source of benefits for the mission, whereas she/he cannot be perfectly reliable. We present the basic concepts of an approach aiming at dynamically adjusting the autonomy of an agent with respect to its operator, not using autonomy levels but based on resource management and resource conflicts.

KEYWORDS : Adaptive autonomy, Authority sharing, Multiagent systems, Human-Machine interactions.

INTRODUCTION

Bien qu'il n'existe pas de définition universelle de l'autonomie, ce concept peut être considéré comme une relation entre plusieurs entités et portant sur un objet [2] : par exemple, un sujet X est autonome relativement au sujet Z pour l'accomplissement du but G. Dans un contexte social, les autres entités en présence tout comme les institutions peuvent également avoir de l'influence sur un agent donné, affectant ainsi sa liberté de décision et son comportement [1]. On note toutefois que les travaux sur les agents sociaux présentent dans leur ensemble des considérations de haut niveau et s'appliquent à des agents supposés idéaux, du moins au comportement parfaitement modélisé.
Dans le cadre plus opérationnel du contrôle d'un agent évoluant dans le monde physique et supervisé par un opérateur humain, l'autonomie se caractérise principalement par la capacité d'un agent à minimiser le besoin de supervision et à évoluer seul dans le monde réel [12]. En conservant le principe d'une relation entre l'opérateur et l'agent, on constate ainsi que l'autonomie pure n'est qu'un cas extrême, consistant précisément à réduire cette relation à son minimum.
Cependant, dans la pratique, les objectifs d'une mission ne peuvent pas toujours être atteints de façon purement autonome et l'intervention de l'opérateur est nécessaire. [5, 6] illustrent ce point en rapprochant le temps pendant lequel un engin peut agir sans intervention de l'opérateur et ses performances sur le terrain : il apparaît clairement que celles-ci déclinent rapidement lorsque l'engin est négligé par son opérateur, soulignant le besoin de conserver des interactions régulières entre les deux.

AUTONOMIE AJUSTABLE ET NIVEAUX

Comment peut-on faire varier l'autonomie d'un agent ? Et tout d'abord, peut-on identifier des étapes intermédiaires entre téléopération pure et autonomie totale ?

[14, 11] proposent dès 1978 une classification de l'autonomie opérationnelle ("automation ") d'un système sur dix niveaux. Ce modèle reste abstrait et ne tient pas compte de la complexité de l'environnement dans lequel évolue l'agent, ni du contexte de mission. Cependant, l'automation / autonomie est considérée selon les différents modes d'interaction entre l'agent et l'opérateur, ce qui correspond bien à la définition de l'autonomie comme une relation entre les entités. Le principe de la gradation de l'autonomie selon l'abstraction des tâches réalisées reste cependant discutable.

D'autres approches cherchent à évaluer l'autonomie d'un agent sur un type de mission identifié, citons entre autres ACL [3] ou encore Alfus [7]. Cependant il est nécessaire de passer par une étape qualitative, que ce soit pour définir formellement les niveaux d'autonomie (ACL) ou, dans le cas d'une évaluation chiffrée (Alfus), pour pondérer les tâches de la mission par importance.

L'idée que l'autonomie, tout au moins d'un point de vue opérationnel, peut être graduée, sous-tend le concept d'autonomie ajustable qui part du principe que les capacités des machines et des humains peuvent être complémentaires pour obtenir de meilleures performances [8]. Un agent physique est ainsi capable de fonctionner suivant différents niveaux d'autonomie préétablis et de basculer de l'un à l'autre si besoin, un niveau étant caractérisé par la complexité des commandes traitées, ou la capacité à fonctionner un certain temps indépendamment de l'opérateur [5]. La principale limitation actuelle de ces approches est l'attribution figée du rôle des entités pour chaque niveau, ainsi que le nombre restreint des niveaux. Il nous semble que l'utilisation de niveaux prédéfinis ne peut rendre compte de la variété des situations rencontrées en mission par un agent, sans parler des problèmes de transition apparaissant lors du basculement d'un niveau à un autre. De plus, les interactions entre l'agent et l'opérateur sont de fait déterminées et codifiées selon le niveau d'autonomie, il n'y a pas de partage fin possible des tâches et des responsabilités.

Afin d'introduire plus de flexibilité, [6] font ainsi la distinction entre l'autonomie ajustable, dans laquelle l'opérateur choisit les modes de fonctionnement du robot, et l'autonomie adaptative, dans laquelle c'est le robot lui-même qui détermine le mode qu'il va utiliser. Sur le même principe, [13] proposent deux modes de partage d'autorité : dans l'un, seul l'agent décide de faire appel à l'opérateur si besoin ; dans le second, l'opérateur peut également décider d'intervenir à tout moment. Le partage des rôles est réalisé par l'assignation de tâches soit à l'homme, soit à la machine, sur la base de comparaisons statistiques de succès. Cependant, ce mode d'attribution ne peut s'appliquer à des missions en environnement critique, où l'erreur n'est pas tolérée. En revanche, le partage réévalué au niveau de chaque tâche apporte une granularité intéressante, par contraste avec l'utilisation de niveaux d'autonomie rigides.

Le fait que l'opérateur humain, dépositaire de l'autorité sur la machine, n'est pas lui-même infaillible, est souvent laissé de côté. Alors qu'il est tout à fait classique que l'opérateur garde le contrôle sur l'agent et non l'inverse, dans la plupart des études, ses entrées sur le système ne sont pas évaluées et sont acceptées en l'état. De plus, avoir de multiples entités décidant et agissant simultanément en utilisant les mêmes ressources peut créer des incompréhensions et conduire à des situations conflictuelles, voire dramatiques [4].

BILAN

Ainsi, les niveaux d'autonomie présentent certains inconvénients : les modes de répartition des tâches sont définis à la conception et nécessairement en nombre limité, ils ne peuvent apporter toute la flexibilité souhaitée en mission et conditionnent les interactions entre l'opérateur et l'agent.

De plus, lorsque ces niveaux sont ordonnés par autonomie croissante, autant cela peut avoir une signification en termes d'abstraction des tâches pouvant être réalisées (dites de "plus haut niveau"), autant cela n'en a pas en termes d'autonomie opérationnelle : que se passe-t-il si l'agent, pourtant capable de réaliser des tâches de "haut niveau" d'analyse et de décision n'est plus capable d'assurer ses fonctions de "bas niveau", un aléa ou une défaillance étant survenu ? L'intervention de l'opérateur sera toujours nécessaire, de la même manière que pour un agent avec un niveau d'autonomie "inférieur". A l'inverse, lorsque la répartition agent - opérateur se fait à l'échelle de chaque tâche, il manque le recul permettant de tenir compte du contexte global, afin d'optimiser le rôle et les apports de chacun. De plus les approches classiques négligent les possibilités de défaillance de l'opérateur en termes de fiabilité ou d'erreur : l'opérateur est très souvent considéré uniquement comme le recours en cas de problème. La relation opérateur - agent est ainsi très dissymétrique. Une autre approche consiste à considérer une véritable collaboration de l'opérateur et de l'agent au sein de la mission, chaque entité prenant à sa charge les tâches pour lesquelles il est compétent, il a les capacités et la disponibilité à un instant donné de la mission, l'objectif étant d'améliorer la performance globale du système opérateur - agent. Cependant ce mode de fonctionnement peut faire apparaître des conflits entre les entités qu'il s'agit de résoudre justement par la gestion, répartie entre agent et opérateur, du partage de l'autorité, à partir de considérations objectives d'utilisation des ressources, de prédiction du résultat des actions et de réussite de l'objectif de mission.

CONTEXTE, HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS

Cette étude s'intéresse à l'autonomie d'agents artificiels (drones, pilotes automatiques, etc.) supervisés en temps réel par un opérateur humain et mis en oeuvre pour accomplir un ensemble de buts pour une mission donnée. Ces agents sont placés dans un environnement dynamique et incertain ; par conséquent, il est impératif qu'ils soient capables de réagir en temps réel aux aléas afin d'éviter les situations à risque. De plus, nous considérons des systèmes dont la plupart des tâches opérationnelles peuvent être associées à des procédures, ces tâches devant par exemple

être exécutées dans un ordre précis et respecter certaines contraintes ; les engins aériens font généralement partie de ce type de systèmes.
Idéalement, les agents devraient être capables d'accomplir leur mission indépendamment de toute intervention de l'opérateur, un cas très difficile à obtenir dans la réalité. Cela est cependant rendu nécessaire en ce sens qu'il est toujours possible qu'une rupture de communication entre les agents et l'opérateur survienne. En dehors de ce cas extrême, un agent peut "demander l'aide" de l'opérateur à tout moment, quelle que soit la tâche concernée. En revanche, l'opérateur peut lui aussi intervenir en tout point de la mission et à tout moment, afin d'ajuster le comportement de l'agent selon ses préférences ou pour corriger des erreurs éventuelles.
Finalement, notre objectif principal se résume à la question suivante : pourquoi, quand et comment un agent doit-il prendre l'initiative ? Doit-il le faire quand l'environnement a changé et que son plan n'est plus en adéquation avec celui-ci ? Lorsque les entrées de l'opérateur ne respectent pas les procédures établies (par exemple en matière de sécurité) ? Ou lorsque celles-ci créent un conflit avec les buts poursuivis par le système ?

ARCHITECTURE DE GESTION DE LA MISSION

Une mission est un ensemble de buts que l'agent doit atteindre. Le constituant élémentaire utilisé pour modéliser la mission est la ressource : chaque information de capteur, chaque élément du système utilisé dans le modèle, tout comme le temps, sont des ressources. La modification d'une ressource peut en affecter d'autres. Les tâches elles-mêmes sont des ressources, en ce sens qu'elles constituent des fonctions de transformation de ressources. Un certain nombre de savoir-faire de l'opérateur peuvent ainsi être inclus dans ce modèle.
Afin de gérer la mission sur la base des ressources, nous proposons une architecture d’agent pour l’autonomie adaptative basée sur les trois fonctions suivantes.

Fonction de planification, affectation de ressources

La planification est une fonction clé de l'agent. Elle organise les ressources en fonction du temps, en tenant compte de leurs spécificités et des effets des unes sur les autres. Les tâches, elles-mêmes ressources, constituent le moyen d'agir sur les autres ressources et de les faire converger vers des états du monde recherchés, les buts. L'agent devant réagir aux aléas survenant au cours de la mission, le plan doit être continuellement remis à jour. Ce processus de *replanification* constitue une aptitude essentielle de l'agent.

Fonction de suivi de situation

La fonction de suivi de situation [9] analyse en permanence l'état du système agent – opérateur. Le suivi de situation réalise les trois points clés suivants :
- il suit et reconnaît les procédures engagées par l'opérateur. La seule information sur les intentions de l'opérateur est fournie par ses entrées sur le système, et on ne connaît initialement pas ses intentions. Cependant, au fur et à mesure de ses interactions successives, il est possible d'affiner cette reconnaissance et de réduire le champ des actions potentiellement à venir.
- il compare les résultats attendus de l'exécution du plan avec les données réelles et détecte les écarts : il vérifie la cohérence du système agent - opérateur à tout instant.
- il anticipe les états futurs du système à partir de l'état courant.

Fonction de résolution de conflits

Le suivi de situation permet la détection des conflits actuels ou à venir. Un conflit est une divergence entre entités ou avec l'environnement se manifestant par une incohérence dans le plan quant à l'utilisation des ressources. En effet, pour atteindre un but, le planificateur attribue des ressources (tâches incluses) et les organise dans le temps. Le conflit peut se manifester ainsi par :
- incohérence de buts : incompatibilité entre les ressources affectées à un but et celles affectées à un autre but.
- incohérence d'évolution : incompatibilité entre ce qu'il est possible d'atteindre sur une ressource et ce qui est recherché (état du monde inatteignable).
- incohérence d'état : à un instant t du plan, l'utilisation des ressources est incohérente, par exemple certaines ressources sont surconsommées, contradictoires, etc.

En pratique, les conflits vont avoir les origines suivantes : aléa de mission (panne, événement imprévu), erreur d'anticipation (effet d'une tâche mal calibré ou évolution de l'environnement mal évaluée, etc.), ou encore intervention de l'opérateur, par nature imprévisible et pouvant survenir à tout niveau du plan.
La méthode de résolution des conflits par défaut est la replanification : s'il existe une attribution des ressources permettant de satisfaire les nouvelles contraintes pesant sur les ressources, un plan solution peut être trouvé par le planificateur. En revanche, cela n'est pas toujours possible, et des arbitrages au niveau des contraintes, buts et entités vont devoir être effectués sur des bases objectives et formelles, en fonction des risques associés et de l'entité (agent ou opérateur) qui pourra les exécuter de manière fiable. Cela constitue un des traits principaux de l'autonomie adaptative et du partage d'autorité : la réaffectation dynamique de tâches pour la meilleure réalisation envisageable de la mission, à la condition que chaque entité du système, agent comme opérateur, soit "consciente "de cette réaffectation et de son impact.

EXEMPLE

Soit un véhicule terrestre (l'agent) supervisé à distance par un opérateur humain. L'agent suit son plan et avance seul sur une trajectoire pour aller au point A lorsqu'un obstacle est détecté par ses capteurs ultrasons. La ressource "voie dégagée" n'est plus valable, l'agent revoit son plan de navigation. Il commence l'évitement, prévient l'opérateur et avance sur la nouvelle route. L'opérateur, qui lui utilise une caméra vidéo et peut voir à plus grande distance, décide alors de prendre la conduite en mode manuel et d'éviter l'obstacle par l'autre côté, car d'autres obstacles sont présents plus loin. Il y a alors conflit sur les ressources de cap, elles ne peuvent être utilisées simultanément par les deux entités. Le suivi de situation de l'agent ne prévoit pas

de danger inhérent au nouveau cap : l'agent révise son plan en incluant la tâche de pilotage comme affectée à l'opérateur pour atteindre le point A. Il peut alors assister l'opérateur : affichage d'information concernant la navigation, prise en charge des activités annexes au pilotage, etc. Si une rupture de communication intervient, la ressource opérateur disparaît, l'agent est capable de reprendre la main sur ce plan continuellement mis à jour.
Ce type de scénario est en cours de montage à l'ISAE, sur une plate-forme expérimentale composée d'une station de contrôle et de véhicules terrestres Emaxx. Le scénario prévu de mission consiste en la détection et l'évaluation de feux par un robot terrestre supervisé par un opérateur distant dans une zone partiellement inconnue. Il est conçu de manière à ce que le robot puisse être très autonome dans le cas nominal ; cependant, nombre d'aléas peuvent survenir et nécessiter l'intervention de l'opérateur, pour améliorer les performances ou en réaction à des problèmes identifiés, pouvant par la même occasion créer des conflits entre les entités.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté dans cet article les principes généraux d'une approche pour l'autonomie adaptative opérationnelle sans faire appel au concept de niveaux d'autonomie. En modélisant la mission nominale sous forme de ressources, il est possible d'évaluer l'implication de chacune des entités sur la mission. L'agent crée une affectation des ressources par la fonction de planification. Le suivi de situation détecte les incohérences actuelles et à venir, grâce à des modèles d'évolution des ressources. Les conflits entre entités sont ainsi détectés en amont, en identifiant les ressources incriminées, les contraintes violées et les buts poursuivis associés. Une résolution est possible, soit en ajustant le plan de ressources (décalage de buts dans le temps, hiérarchisation des buts, utilisation de plans alternatifs) soit en faisant interagir les entités opérateur et agent. L'opérateur reste maître du déroulement de la mission en ce sens que l'agent va à tout moment ajuster son plan sur le sien. Cependant, la simple projection sur le plan des ordres et interactions de l'opérateur avec l'agent vont faire ressortir les incohérences dont l'opérateur n'est pas nécessairement conscient, des dangers non évalués, des informations non prises en compte, ce dont l'agent peut l'avertir sur cette base commune objective que constitue le plan. Il y a ainsi ajustement possible du partage des rôles et de l'autorité dynamiquement en cours de mission. Le travail actuel se concentre sur la formalisation de l'exécution de la mission essentiellement sous la forme de réseaux de Petri, en incluant les aspects dynamiques des concepts de base : les buts, les contraintes, les ressources et sur une identification précise des éléments impliqués dans la réaffectation de tâches [10]. Dans le même temps, il est prévu d'engager des expériences sur le terrain, afin d'évaluer nos concepts en conditions réelles. La fiabilité, les performances globales ainsi que la satisfaction de l'opérateur feront partie des paramètres évalués.

BIBLIOGRAPHIE

1. C. Carabelea, O. Boissier, *Coordinating agents in organizations using social commitments,* Electronic Notes in Theoretical CS (150-3). Elsevier, 2006.
2. C. Castelfranchi, R. Falcone. *From Automaticity to Autonomy: the Frontier of Artificial Agents*. In Agent Autonomy, Kluwer Ac. Publishers, 2003.
3. B. T. Clough. *Metrics, Schmetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?* In Proceedings of the Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop, MD, 2002.
4. F. Dehais, A. Goudou, C. Lesire, C. Tessier. *Towards an anticipatory agent to help pilots.* AAAI'05 Symposium "From Reactive to Anticipatory Cognitive Embodied Systems", VA, 2005.
5. M. Goodrich, R. Olsen Jr., J. Crandall & T. Palmer. *Experiments in Adjustable Autonomy*. IJCAI'01 Workshop on Autonomy, Delegation, and Control: Interacting with Autonomous Agents, WA, 2001.
6. M. Goodrich, T. McLain, J. Crandall, J. Anderson & J. Sun. *Managing Autonomy in Robot Teams: Observations from four Experiments*. ACM/IEEE international conference on HRI, 2007.
7. H. Huang, K. Pavek, B. Novak, J. Albus, E. Messin. *A Framework For Autonomy Levels For Unmanned Systems (ALFUS)*. In Proc. of the AUVSI's Unmanned Systems, MD, 2005.
8. D. Kortenkamp, P. Bonasso, D. Ryan, D. Schreckenghost. *Traded control with autonomous robots as mixed initiative interaction*. AAAI'97 Symposium on Mixed Initiative Interaction, 1997.
9. C. Lesire, C. Tessier. *A hybrid model for situation monitoring and conflict prediction in human supervised "autonomous" systems*. AAAI'06 Spring Symp. "To Boldly Go Where No Human-Robot Team Has Gone Before", CA, 2006.
10. S. Mercier, C. Tessier, F. Dehais. *Basic concepts for shared authority in heterogenous agents.* AAMAS'08. Workshop on Coordination, Organisations, Institutions and Norms in agent systems (COIN'08), Portugal, 2008.
11. R. Parasuraman, T.B. Sheridan, C.D. Wickens. A *Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation.* IEEE Trans. on SMC 30(3), 2000.
12. D. Schreckenghost, D. Ryan, C. Thronesbery, P. Bonasso & D. Poirot. *Intelligent control of life support systems for space habitat*. In Proceedings of the AAAI-IAAI Conference, 1998.
13. B. Sellner, F. Heger, L. Hiatt, R. Simmons & S. Singh. *Coordinated Multi-Agent Teams and Sliding Autonomy for Large-Scale Assembly*. IEEE 94(7), 2006.
14. T.B. Sheridan & W.L. Verplank. *Human and Computer Control of Undersea Teleoperators*. Rapport technique, MIT Man-Machine Systems Laboratory, Cambridge, MA, 1978.

Technology for Knowledge Balancing:
A DSS tool for the paper industry

Kristian Peters
University of Groningen,
Faculty of Economics and Business, P.O. Box 800, 9700 AV Groningen, The Netherlands
k.peters@rug.nl

Niels Faber
University of Groningen,
Faculty of Economics and Business, P.O. Box 800, 9700 AV Groningen, The Netherlands
n.r.faber@rug.nl

René J. Jorna
University of Groningen,
Faculty of Economics and Business, P.O. Box 800, 9700 AV Groningen, The Netherlands
r.j.j.m.jorna@rug.nl

ABSTRACT

Knowledge balancing concerns the mapping of two knowledge domains: a familiar and an unfamiliar knowledge domain. A situation of knowledge balancing occurs when an individual makes decisions using an unfamiliar domain. Decision support systems can be used to support the individual in such situations, if its human-computer interface replenishes the gap between the familiar and unfamiliar domain. In Dutch paper industry, many individuals perform tasks that require the handling of chemicals. However, these individuals often lack knowledge of chemicals. A decision support system is designed and constructed to support individuals who perform task in paper production, without much knowledge of the domain of chemicals.

KEYWORDS

decision support systems; human-computer interaction; knowledge balancing; novice - expert

1. INTRODUCTION

This paper discusses the issue of knowledge balancing and the application of a decision support system to overcome problems relating to knowledge deficits. We define knowledge balancing as mapping two knowledge domains, in which a person is familiar with one domain and unfamiliar with the other. Situations of knowledge balancing occur, when individuals are required to make decisions regarding knowledge domains that are unfamiliar to them. In this paper, we discuss such a situation based on the Optichem Infonet project, which is situated in the Dutch paper industry.

In paper production, the use of chemicals increased over time, enabling paper mills to offer a larger portfolio of products. Therefore, the sites of paper mills have been extended with storage containers, piping, and dosage machines to store, transport, and dose various chemicals into the paper production process. Although chemicals are widely used in paper production, handling chemicals is not a standard component of education programs or internal training programs of employees in paper production. This concerns not only individuals that operate paper machines, actually producing paper, but also employees from transport organizations, cleaning agencies, installation builders, etc.

In order to overcome problems relating to knowledge balancing, we suggest the use of decision support systems (DSS). A DSS intends to provide support to a user regarding a specific knowledge domain. From an engineering perspective, modeling and encoding any knowledge domain in a DSS is feasible. However, communicating the encoded knowledge to a user is of a different order. Cognitive and learning theories indicate that individuals do not easily translate information from an unfamiliar domain into knowledge they can use directly in their decisions. In our example, the users from paper production lack knowledge of the unfamiliar domain of chemicals to process information properly. Hence, the knowledge that is encoded into the decision support system needs to be transformed into a shape that is understood by intended users. The main question that is addressed in this paper is what design factors of human-computer interfaces ensure knowledge balancing and transfer from a DSS to its user regarding a knowledge domain that is unfamiliar to this user?

In section 2, we discuss DSS's and the interaction between system and user. We emphasize the role the system plays in decision-making processes and the connection between DSS and the human cognitive system. We use a knowledge-oriented approach [1]. Section 3 addresses the setting of Dutch paper industry. In section 4, the methodology of the research is presented. In section 5, we elaborate on the design of the DSS and we present the results. Section 6 gives conclusions.

2. THEORY

Decision support systems (DSS)

A DSS supports and improves decision-making [2] by coupling the intellectual resources of

individuals with the capabilities of the computer [3]. Figure 1 presents the coupling of individual and DSS in a two-layered model: the intentional (application) and functional (architectural) layers. Connecting the individual's and the DSS's intentional layer take place through the intentional-layer of this model as indicated by the arrow in figure 1 [4, 5]. The DSS application supports the user in decision-making.

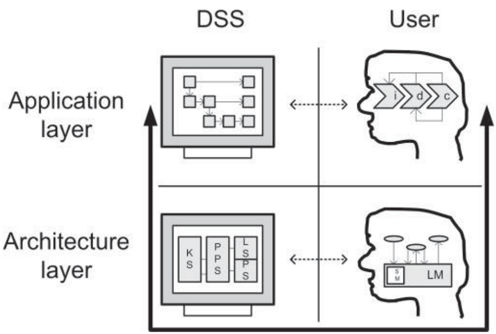


Figure 1: Cognitive versus decision support system architecture

Underlying the decision-making process is the cognitive system [6]. The cognitive system both enables and bounds the human problem solving process. The decision support system architecture on the other hand underlies the decision support system application [7]. Similar to the cognitive system, the decision support system application is associated with and influenced by the characteristics of the functional architecture.

Simon’s [8] intelligence-design-choice (IDC) model described the human decision making process. (see figure 2).

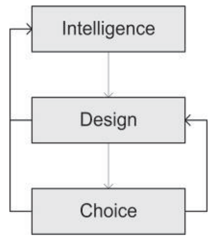


Figure 2: Simon” model of human decision-making

In the intelligence phase, the problem is formulated. Data and information are gathered and problems are identified, classified and assigned to problem holders. A mental model of the situation is created, in which interpretation and the assignment of meaning are important processes [10]. The mental model the individual constructs is generally referred to as the problem space [9, 6]. In the design phase dimensions, variables, parameters and alternatives are found, using models and criteria based on the information gathered and organized in the intelligence phase. In addition, probabilities and chances of occurrence are calculated in this phase. In the choice phase, one of the alternatives is selected, taking implementation and realization of alternatives into account. DSSs support parts of the human decision-making process [2], requiring that the decision-making model of the DSS mimics the parts that it intends to support (see figure 1). However, DSS’s and human beings are different systems and have different architectures. In order to connect to the decision process of a human being, a DSS should connect to the way humans process information and knowledge in the cognitive system.

Card et al.’s [6] model human processor (see figure 3) describes the cognitive system , as was earlier specified by Newell & Simon [9]. The model human processor consists of three related subsystems, each sub-system with its own processor. The perceptual system consists of sensors and buffers to store the raw sensor signals. The perceptual processor encodes the raw signals from the sensors and stores it into the visual or auditory image store, both a part of working memory. During decision-making, information from long-term memory is used in combination with information from working memory. The cognitive processor plays a central role in this process. Lastly, the motor processor transforms the outcome of a decision into physical behavior by means of hand movements or speech [6].

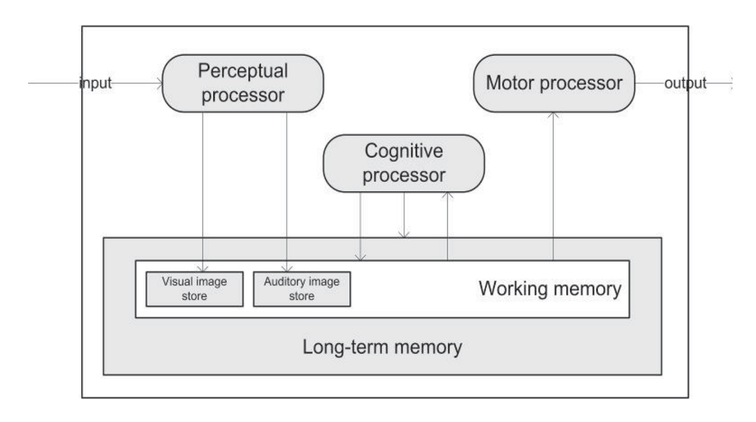


Figure 3: The model human processor

The “recognize-act" principle is the basic procedure of cognitive processing. “On each cycle, the contents of working memory initiate associatively-linked actions in long-term memory (“recognize"), which in turn modify the contents of working memory (“act") [...] Plans, procedures and other forms of extended organized behavior are built up out of an organized set of recognize-act cycles." [6, p. 41]. In case knowledge in visual or auditory memory is recognized, it is added to already present knowledge in long-term memory. In case no recognition takes place, the cognitive

system needs to adapt, i.e. changes structures, in order to fit this new knowledge into long-term memory. Both cases link to learning theory, which identifies the former as a process of assimilation, and the latter as a process of accommodation [11, 12]. In other words, if the cognitive system does not recognize knowledge in visual or auditory memory, the individual lacks the knowledge to act upon the situation (s)he is confronted with. It is such lack of knowledge that demarcates situations in which a DSS can be of use to the individual, bridging the knowledge gap and enabling the individual to act.

What is mentioned above is especially relevant for DSS's, offering knowledge balancing between different knowledge domains. To bridge two different knowledge domains the DSS design should incorporate features, which enhance the processes of accommodation and assimilation. This has consequences for knowledge that is encoded in the DSS, and the manner in which the encoded knowledge is presented to its user via the human-computer interface. Both depend on the context for which the DSS is build and the knowledge level of the individual.

Human-computer interfaces

The structuring of information deals with the organization, the quantity, the quality and the form in which the information should be presented to the user. Should a DSS only offer a minimal information structure needed for a specific situation or should it offer a broader view on the situation at hand? The human-computer interface is about how information is presented to a user.

The structure trade-offs can be described by principles extracted from instructional hypertext theory [14, 15]. Four principles are opposed two by two: the rationality versus functionality dimension and the simplicity versus deliberate complexity dimension. In this paper, we focus on the simplicity versus deliberate complexity dimension only.

The simplicity versus deliberate complexity is about the difference between "how could the DSS relieve the burden of the user associated with complex structures and navigation within these structures?" and "how could the DSS introduce the user to the complexity of the domain as soon as possible?" Deliberate complexity is based on cognitive flexibility theory (CFT) [15]. CFT emphasizes that oversimplification is a threat to learning. According to Fastrez [15], simplicity is highly related to usability: a term to address the extent to which a computer or DSS is easy and enjoyable to use. This view on simplicity aligns with Norman's stance on usability [16, p.188]. In contrast, we argue that the concept of usability is applicable to both the simple as well as the complex structure, depending on the experience of the user regarding relevant specific knowledge domain. A user who is inexperienced regarding the knowledge domain, will find a simple structure more useable, for (s)he is presented with concepts from the domain in a piece-meal fashion. This enables him / her to navigate through the knowledge domain in small, understandable steps. An experienced user in contrast would find a complex structure more usable. The complex structure allows him / her to move around in the knowledge domain, in the way (s)he is used to.

If a user has no or only little knowledge about the domain and/or the system, he cannot grasp the whole complexity of the domain and/or the system at once; his cognitive system cannot accommodate. Therefore, he needs a simple structure showing only a few concepts at a time, which he is able to relate to his own knowledge, thus facilitating accommodation. However, a more experienced user in the domain wants more options and information at once, because the simple version is not efficient anymore. The parameters, which we consider relevant for the simple versus complex dimension, are shown below (section 4). The structure of the system (or site) is about how the content, functionality, and navigation are distributed over the system. Is every separate subject shown in a separate section or page, or is all content grouped in one section or page? Increasing the number of concepts and navigation possibilities and decreasing the quantity of explanation (meta-communication, [17]) on a page makes the user-interface more complex.

To cope with knowledge balancing, the user-interface design of the DSS should be based on end-users. Users facing a knowledge shortage have little knowledge of a certain domain. Using a complex user-interface might result in knowledge balancing problems regarding the DSS, i.e. the users are unable to interact with the program in addition to their inability to grasp the presented knowledge. Our assumption is that users should start with a simple structure and interface to become familiar with the DSS and the unfamiliar knowledge domain, enabling their cognitive systems to accommodate. Users who have more experience with the DSS and more knowledge about the domain are expected to prefer a more complex structure.

3. THE OPTICHEM-INFONET CASE

The Optichem foundation is an initiative of Big River Innovation and various parties from the

paper industry, e.g., chemicals producer, transporter, industrial cleaning company, machine builder and multiple paper mills. The foundation's objective is to support workers in the paper industry in different ways concerning the transfer of chemical knowledge. Optichem has the roles of knowledge collector, creator and distributor.

Two main groups of problems concerning chemicals are identified. Firstly, hardly any information and knowledge exchange takes place in the paper industry and secondly, there is a general lack of chemical knowledge. Findings concerning the first problem are: experiences with chemicals are either not or hardly shared, learning abilities in the paper industry are low, suppliers are insufficiently familiar with the client's 'other' chemicals and suppliers are sometimes on their own in the paper mill. The causes for these findings are: a knowledge exchange structure is missing, ICT resources for chemical support are too limited and internally focused and threatening claims to external parties prevent business transparency. Findings concerning the second problem: "lack of chemical knowledge" are: the dangers and consequences of chemicals are undervalued, chemical knowledge is becoming scarcer, new chemicals replace older/more expensive chemicals, simple causes are used to address problems and low learning abilities in the industry. The causes for these findings are: educational levels (concerning chemicals) are low, registration of (near) mistakes and availability of information is poor, changes in personnel lead to knowledge scarcity, chemical information from suppliers provided with chemical substances is too chemical and too unpractical and many procedures and guidelines are available; but additional solutions are needed.

A DSS is proposed to deal with parts of the mentioned problems. Especially concerning change of staff, renewed chemical materials and difficulties in exchanging knowledge between parties and organizations in the paper industry. However, a DSS can never solve problems that result from organizational structures. It can only help people in providing, applying and suggesting knowledge from an already well-structured domain (chemistry in this case for paper production). After consultation, we decided to support personal safety in relation to chemicals.

4. METHOD

Goal and participants

In our design, we construct two different human computer interfaces, to bridge the situation of knowledge balancing regarding chemicals: computer interface A based on the simplicity principle and interface B based on the complexity principle (discussed below). In order to determine which interface supports knowledge balancing and transfer from a DSS to its user regarding a knowledge domain that is unfamiliar to this user best, the interfaces are user tested in an experiment. We use a pre-test-post-test design, using four groups of individuals. In the test, we consider employees (N=12) from both the transport agency and the cleaning organization participating in the Optichem foundation. The population is randomly divided over the four groups.

The apparatus: two prototypes supporting the personal safety assessment task

The Optichem Infonet DSS is designed according to the CommonKADS methodology [18]. We vary the interface of the DSS on the simplicity versus complexity dimension to determine a suitable structure for decision support and learning (see section 2). The relevant design parameters and decisions for this dimension are shown in table 1. A wizard-alike navigation structure was chosen to build the simplicity design (see figure 4). The complexity design is implemented using a single page (see figure 5) that displays all elements that are relevant regarding personal safety in relation to chemicals in the paper industry, and possible measures that can be taken to minimize personal risk.

Design parameter	Simplicity version	Complexity version
Structure of the system	Sparsely positioned, basic structure	Grouped, dense structure
Number of concepts per page	As little as possible	As many as possible
Number of navigation and input elements per page	As little as possible	As many as possible
Extent of meta-information	High extent	Low extent
Type of navigation	Linear	Web

Table 1 – simplicity versus complexity design parameters and decisions

Procedure and measurement

At the beginning of the test, all participants need to take an assignment using tools they have currently available in their working context, to assess their personal safety regarding chemicals. All assignments are based on real-life case descriptions where during the cleaning or transportation task a certain chemical substance is encountered (name or number of substance is provided). The assignment consists of four parts. Firstly, the participant has to retrieve the dangers of the substance encountered. Secondly, the precautionary safety measures to cope with the dangers related to the substance should be retrieved. Thirdly and fourthly, the participant retrieves the danger and the safety measures regarding a potential reaction between the substance and the chemicals used in the cleaning or transport tasks. Questions 1 and 3 (e.g. parts 1 and 3) are closed questions where the subjects have been asked to sum up the dangers listed on the screen. Questions 2 and 4 (e.g. parts 2 and 4) are open questions where the subjects have been asked to explain how to prevent chemical hazards based on the information presented by the prototype. The initial assignment is used as a baseline test, to establish both the employees' current skills regarding chemicals and the efficiency of assessing their own personal safety while working. Next, all participants were asked to assess their personal safety, using the DSS.. Group 1 is asked to use interface A and to fulfill assignment I; group 2 uses interface B, fulfilling assignment I; group 3 uses interface A for assignment II; group 4 assignment II, using interface B. We use two distinct assignments to prevent question bias. On all assignments a score can be obtained based on the fraction of correct answers ranging from 0% to 100%.

The time a participant spends retrieving the information is recorded. The factors the participants are able to retrieve from the decision support system that relate to their personal safety are recorded, while using the specific human-computer interface. In this study we focus on the short term effect on task efficiency of using the DSS by inexperienced users. We expect that the performance of inexperienced users increases more when using the simple structure, than when using the complex structure. Inexperienced users are unfamiliar with the domain concepts presented to them by the DSS and benefit from the piece-meal confrontation the simple structure offers them.

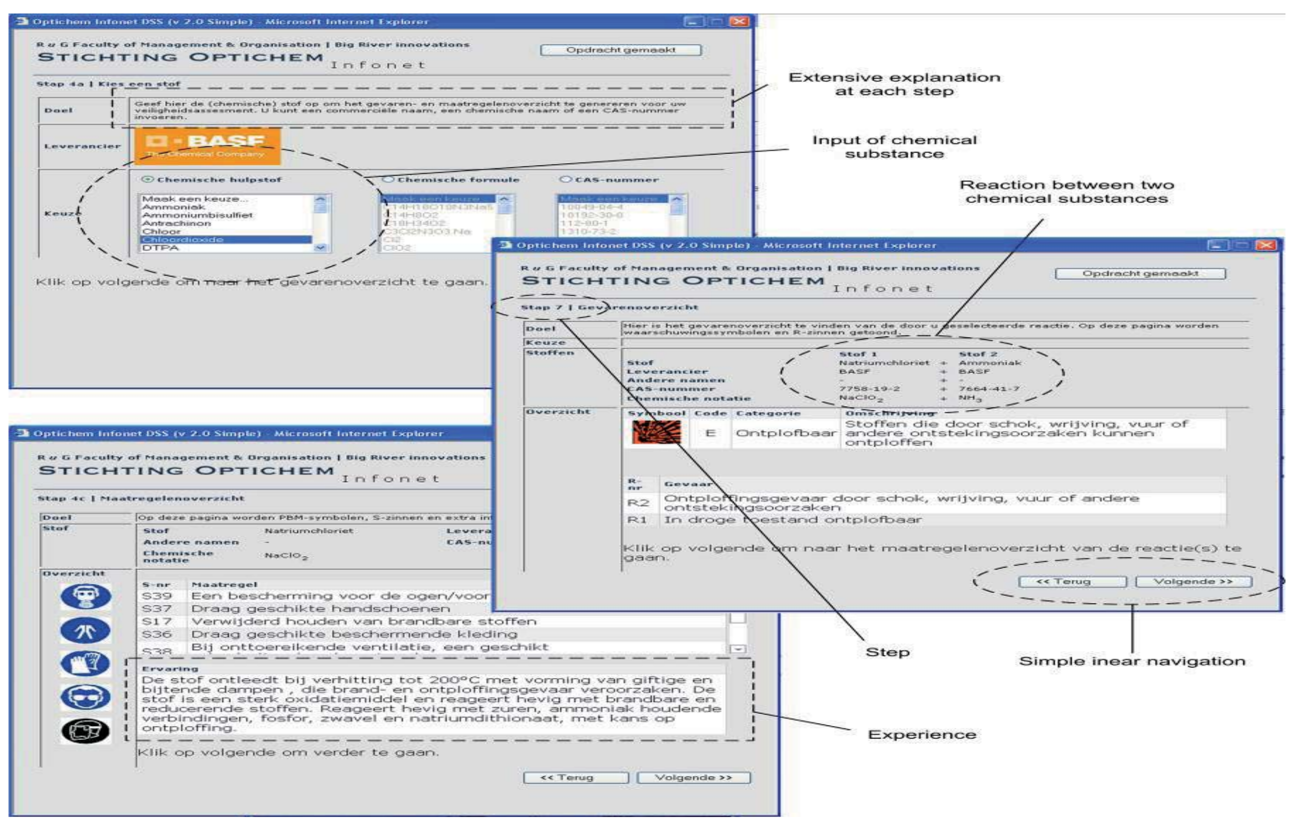


Figure 4: Simple structure human-computer interface (in Dutch)

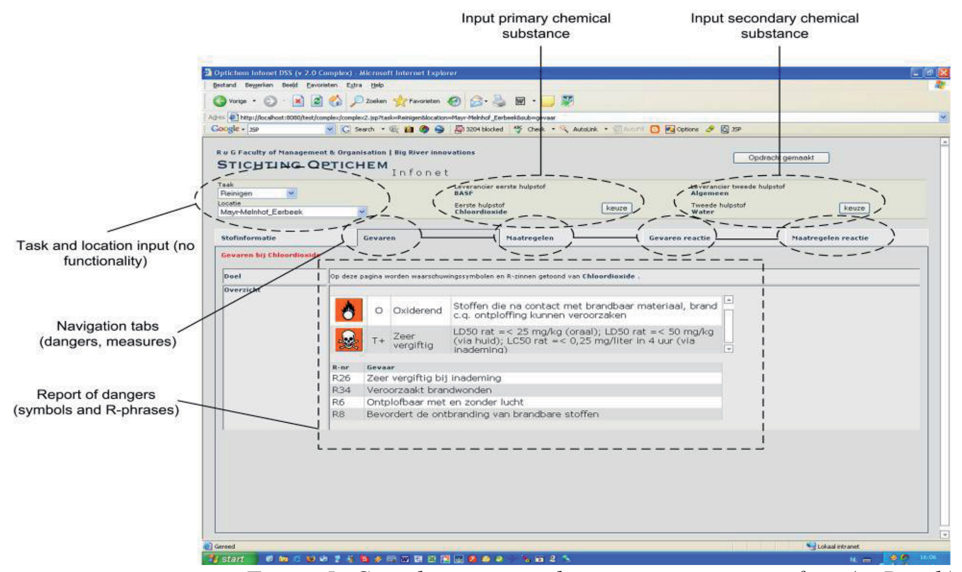


Figure 5: Complex structure human-computer interface (in Dutch)

5 RESULTS

We start with an overview of personal characteristics of the sample group. The sample consisted of 10 male and 1 female participants (instead of 20 intended). The average age of the participants is 42 years. The youngest participant is 23 years old, and the oldest 60. Most of the participants in the sample think they have mediocre or even poor knowledge levels and skills associated with the domain (i.e. chemicals) and computer systems. After the analysis, one subject was omitted from the sample. He was unwilling to work with a computer, and could not execute the test.

The results concerning the assignment showed the following (see table 2). As can be seen, assignment 0 is absent. No one was able to accomplish assignment 0 without information sources like safety cards or material safety data sheets. Next to that, many subjects reported that these information sources are scarce and hardly used. Safety cards and material data sheets are often not taken along to a job. From this, we can already conclude that the prototype is in any case an improvement for the safety of personal. In terms of effectiveness and efficiency, it is almost a 100% improvement.

We continue with the performance scores on the post-test assignments concerning the separate designs. The subjects using a simple interface scored on average 66,1%, meaning that the participants of the simple group enlisted 66,1% of all the provided danger and safety elements on the answer sheet. The subjects using a complex interface scored on average 53,7%. Hence, the simple user-interface scored a little bit better than the complex interface. It might be the case that the complex interface gave the participant too much freedom, at which he, in combination with little prior knowledge, forgot things in the safety assessment (in opposite to the simple version, at which each step had to be visited). Looking at the efficiency of both user-interfaces, the simple user-interface is also more efficient than the complex user-interface. The average time spent on an assignment with the simple interface is 11 minutes, and the average time spent on an assignment with the complex interface is 13,4 minutes. Because of the small number and the limited design, we have no pretention for overall generalization.

Subject	Assignment	Version	Time	Part 1	Part 2	Part 3	Part 4	Total
1	1	simple	17	62,5%	80,0%	100,0%	0,0%	48,1%
3	1	complex	7	62,5%	60,0%	100,0%	33,3%	59,6%
8	1	complex	20	87,5%	0,0%	100,0%	0,0%	25,0%
10	1	simple	5	100,0%	80,0%	100,0%	100,0%	72,2%
11	1	complex	9	87,5%	40,0%	100,0%	50,0%	47,2%

2	2	simple	5	75,0%	90,0%	100,0%	53,8%	71,4%
4	2	complex	22	100,0%	20,0%	100,0%	61,5%	53,6%
5	2	simple	7	100,0%	50,0%	100,0%	30,8%	50,0%
7	2	simple	21	100,0%	80,0%	100,0%	75,0%	88,9%
9	2	complex	9	87,5%	80,0%	100,0%	75,0%	83,3%

Table 2: percentage correct for various assignments with two kinds of user-interface

Regarding the nature of the questions in both assignments there is a systematic difference between the results of 'closed' questions and 'open' questions. The subjects using the simple interface scored on average 64,0% and the complex interface subjects scored on average 42,0%. On average, the simple interface users scored 93,8% and the subjects who used the complex interface scored 92,5%. This indicates that system and user-interface still rely on the subjects' interpretation and information processing capabilities, in this case when explaining how to prevent chemical hazards. As we expected, the strongest interpretation effect has been measured with respect to the complex interface. The total score of assignment 2 is a little better than the score on assignment 1 (independent from user-interface design), so there is a chance that the first assignment is more difficult than the second assignment.

6. CONCLUSIONS

This paper focused on knowledge balancing concerns the mapping a familiar and an unfamiliar knowledge domain. A situation of knowledge balancing occurs when an individual makes decisions using an unfamiliar domain. Decision support systems can be used to support the individual in such situations, if its human-computer interface replenishes the gap between the familiar and unfamiliar domain. We have identified user-interface design parameters which should ensure successful knowledge balancing (see table 1).

A decision support system is designed and constructed to support individuals who perform tasks in paper production, without much knowledge of the domain of chemicals. The constructed prototype seems to be a suitable design to solve the problems identified in the analysis for this population. Without the prototype, participants were unable to assess their safety situation when they for instance encountered an unfamiliar substance during their task execution. With help of the prototype, users were able to accomplish the assignments, which resemble the safety assessment task. The system and both user-interfaces were perceived as usable.

Differences between the "simple" and "complex" user interface in favor of the "simple" user interface were found, although they were small. The same remark applies to the effectiveness and efficiency of each separate user-interface design. The simple user-interface seems to be a little more effective (subjects scored higher on the assignment when using the simple interface) and efficient (subjects used a shorter period of time to accomplish the assignment when using the simple interface). The primary cause of the small differences found seems to be that the simple and complex versions did not differentiate enough. Second, no chemical experts participated in the development process to fill the knowledge base with more extensive and complex knowledge at which differences between the two versions might become more visible. In the experiments, subjects used the prototype for the first time and only for a short while. After a user uses the system for a longer period, his opinion might change. Lastly, to assess the effectiveness and efficiency of a DSS one should better measure the actual output of daily operations and tasks. In the experiments, assignments were used to measure the effectiveness and efficiency. Nonetheless, the experiment and the whole prototype development process have resulted in insights for DSS design for knowledge balancing of the Optichem foundation.

In this study, we concentrated on the short term effects of using DSSs to bridge a knowledge gap. Two designs were made, following the dimensions identified by Fastrez. Our short-term focus implies a focus on efficiency and direct applicability; the DSS should immediately enable inexperienced users to find their way in an unfamiliar knowledge domain. As our findings show, a simple structure is more suitable than a complex structure. In contrast, long-term effects are expected to be more aligned with CFT. CFT emphasizes that oversimplification is a threat to learning. In other words, a complex structure enables long-term learning effects with inexperienced DSS users.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank H. W. Camstra

(Big River Innovation, Doetinchem, The Netherlands).

REFERENCES

1. W.M. Gazendam. Organizational Semiotics: a state of the art report. *Semiotix*, 1(1):1-5, 2004.
2. E. Turban and J. Aronson. *Decision Support Systems and Intelligent Systems.* Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J., 6, international edition, 2001.
3. P. G. Keen and M. S. Scott Morton. *Decision Support Systems: an organizational perspective*. Series on decision support. Addisson-Wesley, Reading, Massachusetts, 1978.
4. C. S. de Souza. *The semiotic engineering of human-computer interaction*. The MIT Press, Cambridge, MA, 2005.
5. R. J. Jorna and B. van Heusden. Semiotics of the user-interface. *Semiotica*, 3/4:237-250, 1996.
6. S. K. Card, T. P. Moran, and A. Newell. *The psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J., 1983.
7. C. Holsapple and A. Whinston. *Decision Support Systems: a knowledge-based approach.* West Publishing Company, Minneapolis, 1996.
8. H. A. Simon. *The new science of management decision*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., revised edition, 1977.
9. A. Newell and H. A. Simon. *Human problem solving*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1972.
10. R. J. Jorna. Decision making, semiosis, and the knowledge space: The case for studas. *Semiotica*, 1(4):97-119, 2001.
11. Von Glaserfeld, E. Cognition, Construction of knowledge and Teaching. *Synthese*, 80: 121-140.
12. Rajlich, V. Case Studies of Constructivist Comprehension in Software Engineering. *Brain and Mind*, 4:229-238.
13. E. Beier and P. Ackerman. Age, ability, and the role of prior knowledge on the acquisition of new domain knowledge: promising results in a real-world learning environment. *Psychology and Aging*, 20:341-355, 2005.
14. P. Fastrez. Characteristic(s) of hypermedia and how they relate to knowledge. pages 101-110. International council for education media (ICEM-CIME Geneva Conference 2000), 2001.
15. P. Fastrez. Navigation entailments as design principles for structuring hypertext. *Education, Communication & Information*, 2(1):7-22, 2002.
16. D. A. Norman. *The psychology of everyday things*. Basic Books, New York, 1989.
17. Y. Waern *Cognitive Aspects Of Computer Supported Tasks.* John Wiley and Sons, Chichester, 1990.
18. A. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. de Hoog, N. Shadbolt, W. Van de Velde, and B. Wielinga. *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS methodology*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 3 edition, 1999.

Méthodologie de conception et d'évaluation des technologies de formation et d'apprentissage

Odile Martial
MATI Montréal
École Polytechnique de Montréal
C.P. 6079, succursale Centre-ville
Montréal (Québec), Canada, H3C 3A7
odile.martial@polymtl.ca

Jesus Vázquez-Abad
Département de didactique, FSÉ
Université de Montréal
Case postale 6128, succursale Centre-ville »
Montréal (Québec), Canada, H3C 3J7
j.vazquez-abad@umontreal.ca

RESUME
Une étude de la méthodologie de conception de vingt projets de recherche dans le domaine des technologies de formation et d'apprentissage nous montre qu'on y tient peu compte des apports de l'Interaction Humain-Machine (IHM). Par ailleurs, nous constatons que l'utilisation de ces technologies dans les salles de classe ne se base pas sur les résultats de recherche du domaine. Après avoir précisé les caractéristiques du domaine des technologies d'apprentissage, nous envisageons des perspectives pour améliorer cette situation, Nous suggérons notamment l'adoption d'une approche de recherche-projet, l'élargissement de la notion de tests d'utilisabilité à celle de classe expérimentale, et le développement de nouveaux outils.

MOTS CLES : Interaction Humain-Machine (IHM), Environnements Informatisés d'Apprentissage Humain (EIAH), méthodologie, recherche-projet, classe expérimentale, approche socioconstructiviste.

ABSTRACT
A study of design methods used in twenty training and learning technologies research projects shows that they do not take into account inputs from Human-Computer Interaction (HCI). Moreover, we can see the educational software development in classrooms is not at all based on research results or validated methodologies. We specify the characteristics of the field of study and we suggest solutions to improve this situation, particularly by a Research-Project Approach, experimental classroom for reviewed usability tests and new tools design.

KEYWORDS: Human-Computer Interaction (HCI), Computer-Based Learning (CBL), Methodology, Research-Project, Experimental Classroom, socioconstructivist approach.

INTRODUCTION

Le domaine d'étude de l'interaction Humain-Machine (IHM) en tant que tel, évolue depuis environ vingt-cinq ans, au travers desquels il a pris différents vocables ; nous pouvons citer notamment le « Human-Computer Interface », qui est devenu en français « Interface Humain-Ordinateur » ou encore « l'Interface Personne-Système (IPS), ou « l'Interface Homme-Machine ». Nous pouvons aujourd'hui constater que ce domaine arrive à un certain niveau de maturité, notamment sur des thématiques précises et en matière de méthodologie [6]. Parallèlement, les travaux dans le domaine des Environnements Informatisés d'Apprentissage Humain (EIAH), longtemps appelé Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO), se développent depuis plusieurs dizaines d'années, mais surtout depuis le début des années 90 avec l'apparition du Web. Ce domaine de recherche prend aussi différentes appellations, dont par exemple, Formation et Apprentissage par les TIC, Technologies de Formation et d'Apprentissage (TFA), e-learning, etc., recouvrant une même réalité, même si nous pouvons parfois y trouver des nuances de sens. Le domaine des technologies d'apprentissage, avec ces nombreuses catégories d'utilisateurs de tous âges et de tous profils, pourrait apparaître comme l'un des champs d'application par excellence des résultats de l'IHM. Or, au travers d'une vingtaine de projets de recherche récents en EIAH, nous pouvons constater que ces deux domaines évoluent souvent en parallèle et avec peu d'interférences. Par ailleurs, nous nous apercevons que, dans les classes, l'utilisation des technologies d'apprentissage est effective mais souvent artisanale et intuitive, sans tenir compte des apports de la recherche ni en IHM ni en EIAH. Pour mieux comprendre ce double paradoxe, nous aborderons aujourd'hui tout d'abord l'IHM puis l'EIAH, avant de proposer une explication et d'envisager des solutions, tant sur le plan méthodologique que sur celui du développement d'outils.

LA MÉTHODE ERGONOMIQUE ET L'IHM

La méthodologie ergonomique de conception d'interface, aussi appelée méthodologie centrée sur l'utilisateur, a, au fil des années, assis et unifié ses pratiques [3] pour s'intégrer, notamment via l'utilisabilité, dans le processus de développement technologique de l'ingénieur [16]. Certains auteurs préfèrent parler « des méthodes ergonomiques », mais en dépit des variations de vocabulaire, il existe depuis plusieurs années un consensus dans la littérature sur les moyens de prendre

adéquatement en compte les besoins des utilisateurs dans la conception d'interface [3, 6, 9, 13]. La méthode de conception ergonomique, comporte schématiquement trois grandes phases itératives : l'analyse, la conception et l'évaluation. Toutefois, selon les découpages et les appellations, de plus nombreuses étapes peuvent être distinguées, comme c'est le cas dans la norme ISO 13407 par exemple [11]. Ces trois grandes phases ne sont pas successives mais véritablement itératives, certains résultats de tests d'évaluation pouvant même parfois remettre en question des éléments initiaux de l'analyse, qu'ils permettent toujours de compléter. La phase d'analyse porte sur différents éléments, notamment : objectifs et contexte du projet de développement ; profil des utilisateurs du système ; contexte dans lequel la tâche est réalisée; tâche pour laquelle le système est développé ; faisabilité technique et spécifications ; caractéristiques des technologies disponibles. Cette phase d'analyse aboutit à la modélisation de la tâche, sur laquelle la phase de conception va se baser, comprenant l'optimisation de la tâche, la conception générale, la conception détaillée et la réalisation de maquette(s) et de prototype(s). L'approche multidisciplinaire et le processus itératif sont centraux dans la méthode ergonomique, avec un recours à des guides, normes, techniques et outils, élaborés pour la conception et l'évaluation d'interface [3, 16, 27]. Pour prendre en compte les besoins des utilisateurs dans le développement d'applications, les techniques et les outils sont variés et en constant développement, les plus classiques restant cependant l'analyse de la tâche (observations et entrevues), la conception de maquettes et de prototypes, l'évaluation heuristique et les tests d'utilisabilité. Les technologies sont de plus en plus utilisées comme par exemple les outils d'analyse automatique de contenu, de modélisation, de prototypage rapide, d'enregistrement et d'analyse vidéo et de traces. Une des grandes spécificités de la méthode ergonomique pour la prise en compte des besoins des utilisateurs dans le développement d'applications, est de partir du terrain et de se terminer sur le terrain, avec des étapes intermédiaires qui consistent à traduire les besoins des usagers en solutions techniques. Tout au long du processus, la représentativité des utilisateurs qui participent au processus de conception est également très importante. Nous nous sommes intéressés à considérer comment cette méthodologie est appliquée dans le domaine de la recherche et développement des technologies d'apprentissage et notamment dans un certain nombre de projets précis.

TECHNOLOGIES D'APPRENTISSAGE : UN CONSTAT

Depuis maintenant plusieurs dizaines d'années, notamment au début avec l'EAO, les grandes conférences internationales du domaine rassemblent les chercheurs qui s'intéressent aux technologies d'apprentissage. Ce n'est que depuis peu qu'on parle d'Environnements Informatisés d'Apprentissage Humain (EIAH) et ce terme n'est pas encore généralisé. Une analyse du domaine de l'EIAH sous une perspective de l'IHM fait apparaître un double paradoxe : La faible intégration des deux domaines au niveau de la recherche d'une part et, d'autre part, une distance importante de la recherche à la pratique.

La recherche sur les technologies d'apprentissage

Une analyse a pu être faite lors d'une étude menée dans le cadre de deux importants partenariats de recherche. Le premier, DIVA (Développement, Intégration, Évaluation des technologies d'apprentissage et de formation), soutenu par Valorisation-Recherche Québec, a regroupé 15 projets de recherche sur les technologies d'apprentissages entre 2001 et 2006, impliquant sept universités et plus de soixante-dix chercheurs. Le second partenariat, MATI Montréal (Maison des technologies de formation et d'apprentissage Roland-Giguère) et notamment son équipe de recherche S@c-TIC, a pris le relai de DIVA pour poursuivre les recherches sur les technologies d'apprentissage. Notre étude a porté sur vingt projets de recherche qu'il nous est apparu pertinent d'analyser sous l'angle de l'IHM. Sur la base d'un ensemble de publications, notamment de deux ouvrages collectifs [21, 22], mais aussi de présentations et de contacts avec les chercheurs impliqués, nous avons effectué une étude empirique de la méthodologie de ces vingt projets de recherche [15]. Dans cette étude, à laquelle nous invitons le lecteur à se référer pour avoir la liste et le détail des projets, et pour chacun des vingt projets, nous avons cherché à savoir si la méthodologie centrée sur l'utilisateur était suivie et si les modèles, formalismes et connaissances développés par l'IHM, enrichissaient la conception des EIAH. Une grille d'analyse a été élaborée à partir de la norme ISO 13407 :1999 qui définit les grandes étapes du processus de conception centrée sur l'utilisateur, complétée par la norme 9241-2 qui caractérise les méthodes d'utilisabilité. Une fiche a alors été remplie pour chacun des 20 projets sur la base de cette grille. Pour synthétiser aujourd'hui ces résultats, de façon très schématique et simplifiée, nous avons retenu un nombre restreint d'éléments-clés d'une démarche centrée sur l'utilisateur : la participation d'un ergonome à l'ensemble de la démarche, l'analyse de la tâche (observations et entrevues), l'évaluation heuristique et tests d'utilisabilité de prototype(s), l'évaluation sur le terrain et l'implication des utilisateurs tout au long du processus de conception. Notre étude nous a tout d'abord permis de constater (Tableau 1) qu'aucun des vingt projets n'a impliqué la participation d'un ergonome sur l'ensemble du projet ; quelques recours a une expertise ergonomique ont été effectués lors d'évaluations heuristiques de prototype (10 % des projets) et surtout de tests d'utilisabilité (45 % des projets). Un seul projet a effectué une analyse de la tâche (par observations et entre-

vues), mais sans qu'elle soit intégrée dans une problématique globale de développement d'IHM.

Tableau 1. *Synthèse de l'analyse des projets*

Projets	Ergo.	Ana. tâche	Éva. Heuri.	Tests Utili.	Terrain	Utilisateurs
Nombre	0	1	2	9	8	12
Pourcent.	0%	5%	10%	45%	40%	60%

Dans plusieurs autres projets, les besoins des utilisateurs font l'objet d'hypothèses théoriques, posées sur la base de la littérature scientifique. Les questions de recherche qui motivent certains projets sont souvent à la fois très techniques et très pointues et les différentes catégories d'utilisateurs impliqués par l'innovation technologique potentielle résultante (étudiants et professeurs mais aussi parfois assistants, tuteurs, personnel administratif, direction, parents…) ne sont pas pris en considération. Malgré tout, huit projets (40 %) ont comporté des évaluations sur le terrain (dans les classes, en situation réelle d'apprentissage) et douze des vingt projets (60 %) incluent des utilisateurs tout au long de leur déroulement, quoique de façon très informelle. Cependant, dans ces projets qui se basent sur des outils informatiques simples et connus, utilisés tels quels, l'objet de la recherche n'est pas d'améliorer l'application comme outil d'apprentissage. On s'intéresse plutôt à l'étude du processus d'acquisition de connaissances ou de compétences, à la compréhension de certaines notions, voire à la collaboration et à l'impact du dispositif sur la motivation. Le processus de conception est collégial, en ateliers et/ou groupes de discussion, mais la qualité de l'interface ne fait pas partie des objectifs du projet. Pourtant, des travaux recherche ont mis en évidence [24] que celle-ci, dans le cas de tests, a une influence significative sur les résultats des étudiants. Dans les projets étudiés, nous avons pu constater que, dans l'ensemble, les évaluations ont lieu de deux façons exclusives : soit l'interface est testée en laboratoire ; soit l'évaluation est faite directement dans les classes avec les élèves ou les étudiants, sans que l'interface ait été préalablement testée. Dans le cas de l'évaluation en laboratoire, l'interface est évaluée pour valider un modèle informatique, avec des utilisateurs qui ne sont pas vraiment représentatifs, comme des étudiants du département ou du laboratoire dans lequel les travaux ont lieu. On utilise alors les techniques des tests d'utilisabilité et/ou des tests psychophysiologiques, avec enregistrement de données concernant l'application (traces, erreurs, temps de réponse) et concernant l'utilisateur (verbalisations, vidéo, mouvements oculaires, etc.). Dans le cas des évaluations faites en classe, notre analyse de la méthodologie a montré que les applications n'ont fait l'objet au préalable, ni d'une évaluation heuristique ni de tests d'utilisabilité. De plus, les évaluations de ces applications sont alors faites par questionnaires et/ou entrevues semi-directives, et non par observations et par analyses, qualitative et quantitative, de données. Elles portent alors sur le contenu, les aspects pédagogiques de l'application, la motivation, la collaboration, etc., plutôt que sur l'IHM qui ne fait pas à proprement parler partie de la problématique de recherche. A contrario, nous avons identifié deux projets sur les vingt pour lesquels le processus de conception a impliqué des évaluations heuristiques et des tests d'utilisabilité auprès d'un échantillon d'utilisateurs finaux. En revanche, les prototypes n'avaient pas été conçus sur la base d'une analyse systématique des besoins des utilisateurs potentiels sur le terrain, dans les classes et/ou le bureau des professeurs. Ces évaluations ont été faites dans le but de faire des publications et les projets n'ont pas été poursuivis. Dans les projets incluant des utilisateurs dans le processus de conception, l'évaluation est essentiellement basée sur l'écrit et le discours a posteriori, c'est-à-dire par l'analyse croisée des réponses à des pré-tests, post-tests, questionnaires et/ou entrevues semi-directives. Ainsi, en général, les vingt projets de recherche en EIAH étudiés n'adoptent pas une démarche globale de développement de système et de qualité centrée sur les besoins de l'utilisateur. Ainsi, même si le développement des technologies de formation et d'apprentissage est un des domaines d'application de l'IHM, notre étude a mis en évidence que ces deux disciplines évoluent le plus souvent en parallèle, la méthode centrée sur l'usager n'étant que peu appliquée dans les projets de recherche concernant les technologies d'apprentissage. Par ailleurs, il existe de plus une réelle distance de la recherche à la pratique.

Une distance de la recherche à la pratique

Des centaines d'enseignants venant témoigner de leur pratique dans leurs classes [1,2], révèlent l'existence de très nombreuses initiatives d'utilisation des technologies, prises par les enseignants eux-mêmes, du primaire jusqu'aux plus hauts niveaux universitaires, pour intégrer les technologies dans leurs classes par leurs propres moyens. Dans la majorité des cas, il ne s'agit pas de transferts de résultats de recherche, mais de la mise à profit des fonctionnalités des technologies disponibles sur le marché. Les enseignants utilisent soit des technologies grand public, gratuites ou peu coûteuses (par exemple I-Tunes, blogs, etc.), soit des technologies proposées par les fournisseurs à des tarifs « éducation » pour les promouvoir. Ceci est particulièrement vrai aujourd'hui avec les outils qui permettent à tout un chacun, par exemple, de réaliser lui-même son site Web ou son blog ; d'aller télécharger des documents ou tout autre matériel pédagogique, et de les réutiliser, tels quels ou modifiés ; d'enregistrer, traiter et diffuser numériquement des textes, des photographies et des séquences audio et/ou vidéo, etc. Par exemple, l'Université de Montréal et ses deux écoles affiliées qui sont l'École Polytechnique et HEC Montréal, rassemble 55 000 personnes

et il s'y donne chaque année des milliers de cours. Or, une étude récente montre que la majorité des cours a son site Web [12]. Une autre étude [7] a répertorié sur Internet 1000 simulateurs permettant d'enseigner les sciences, la plupart développés par des enseignants, de tous niveaux, au profit de leurs élèves ou étudiants. Comme il existe une littérature scientifique grise, constituée d'articles ou autres documents non publiés officiellement, nous pouvons constater qu'il existe bel et bien des « applications grises » dont la part est considérable dans l'enseignement académique. De nombreux professeurs offrent des sites Web à leurs étudiants, sur WebCT par exemple ou d'autres plateformes, en s'improvisant analystes, concepteurs, programmeurs et ergonomes, mais aussi parfois pédagogues ou didacticiens, si nous tenons compte du fait qu'il n'existe pas vraiment de formation pédagogique pour les professeurs d'université. Aucune évaluation de la qualité de ces sites Web, et tout particulièrement du respect des règles du W3C, n'est souvent faite et leur développement se déroule selon un processus essai-erreur : les enseignants s'essayent et les élèves et étudiants s'adaptent. Nous avons même pu constater que des spécialistes en IHM qui suivent la méthode centrée sur l'usager dans des projets de recherche, ne l'appliquent pas du tout quand il s'agit de leur propre cours ou des applications qu'ils développent pour leurs étudiants. Ainsi et par conséquent, les évolutions des technologies qui nous promettaient monts et merveilles pour s'adapter aux besoins des apprenants ont l'effet inverse. On sait notamment que les étudiants se plaignent des sites Web mal conçus, en raison de la trop grande quantité de documents en format pdf, du forum mal utilisé, etc. [12], sans parler des étudiants handicapés qui n'ont jamais été aussi exclus. Par exemple, les sites web sont pour la plupart inaccessibles aux non-voyants dès qu'ils comportent des images, du multimédia mais aussi tout simplement des applications en Java ou en Flash. Des études constatent que tel est le cas actuellement, même quand ces sites web sont développés par des entreprises privées qui sont tenues par la loi de respecter les règles d'accessibilité [23]. Que dire quand les sites sont conçus par des professeurs de français, de mathématiques ou de toute autre discipline, qui ignorent tout des normes du Web Accessibility Initiative (WAI), instance du World Wide Web Consortium (W3C) qui définit les règles d'accessibilité des sites Web ?

Spécificités du domaine des EIAH

Il nous paraît important de souligner certaines de spécificités du domaine des technologies de formation et d'apprentissage. Rappelons tout d'abord que le but des applications n'est pas d'effectuer une tâche, comme dans un environnement de travail (avec des critères d'efficience, d'efficacité et de satisfaction) mais bien d'acquérir des connaissances, de développer des compétences, ou encore de comprendre une notion ou un modèle. Ceci va avoir une incidence sur le processus de conception de l'application et sur les critères d'évaluation en particulier, la mesure de l'adéquation de l'application aux besoins des utilisateurs ne pouvant pas nécessairement se mesurer en tâches effectuées, erreurs, temps de réponse, efficacité des stratégies, mais de façon extrinsèque et indirecte par les résultats à un examen, les réponses à des questions (par écrit ou oralement), le transfert à une situation pratique (TP en laboratoire par exemple), etc. La technologie n'est pas l'objet d'étude mais un moyen, un élément qui entre en jeu dans la situation d'apprentissage. Le professeur se retrouve la plupart du temps à la fois en position d'être le concepteur et l'utilisateur, souvent même le programmeur, le technicien, l'ergonome, etc., tout en étant le tuteur et l'évaluateur. Parmi les apprenants, il ne peut pas vraiment y avoir de catégories de novices et d'experts de la tâche, telles qu'elles existent dans le monde du travail. En effet, si nous considérons une connaissance précise, une fois qu'elle est acquise et dans certaines situations d'apprentissage (celle d'une notion de physique par exemple), l'apprenant voit son statut d'apprenant modifié vis-à-vis de ce contenu. Les technologies de formation et d'apprentissage ne peuvent en fait être conçues et évaluées qu'au sein du processus d'apprentissage, complexe et évolutif dans l'espace et le temps, varié et mouvant en fonction des acteurs, des disciplines et des contextes d'apprentissage.

DISCUSSION

Il nous paraît important de préciser les limites de notre étude avant d'évoquer les raisons que nous proposons pour expliquer ce constat, à savoir le manque de multidisciplinarité effective des projets, les contraintes du milieu académique et le paradigme de l'interaction.

Limites de notre étude

Nous sommes conscients que notre étude ne peut prétendre ni à l'exhaustivité ni à la représentativité. En effet, les vingt projets de recherche analysés se sont déroulés au Québec et donc dans un contexte de recherche particulier qui ne se retrouve pas nécessairement ailleurs. Par ailleurs, nous avons fait notre analyse à partir de publications qui ne reflètent pas nécessairement l'ensemble du projet, notamment en terme de méthodologie, mais peuvent présenter seulement un ou plusieurs aspects du projet. Le hiatus que nous avons pu constater entre recherche et pratique n'est pas le résultat d'une analyse méthodique de l'utilisation des technologies dans les classes mais d'observations dont la représentativité peut, une fois encore, présenter un biais important. Toutefois, une explication de ce qui a pu être constaté, mérite selon nous d'être proposée.

Manque de multidisciplinarité effective des projets

L'IHM comme l'EIAH sont des domaines qui se situent au confluent de l'ingénierie informatique et des sciences

humaines. L'objet même de la recherche sur l'IHM consiste à développer des connaissances théoriques, des modèles, des méthodes et des outils pour allier les possibilités offertes par les technologies aux besoins des utilisateurs. L'EIAH, est un domaine d'application, à la fois des sciences technologiques et des sciences humaines et nous avons pu constater que, souvent, des chercheurs de différentes disciplines peuvent travailler sur un même projet, chacun avec ses questions de recherche et sans véritable collaboration. Ceci est exacerbé par le financement de la recherche qui reste encore malheureusement trop disciplinaire. De plus, même si les chercheurs de différentes disciplines travaillent ensemble sur un projet, chacun a souvent tendance à aborder la ou les questions de recherche selon les perspectives et les méthodologies de recherche reconnues par sa discipline. Par ailleurs, cette difficulté à travailler en équipes multidisciplinaires pour allier technologies et sciences humaines n'est propre ni la l'EIAH ni à la recherche, mais se retrouve certainement un peu partout. Cependant, le milieu académique a ses particularités qui méritent d'être rappelées.

Les contraintes du milieu académique

Les chercheurs en milieu universitaire ne sont pas vraiment invités à partager leurs résultats de recherche autrement que dans les congrès et colloques, ou à transférer ces résultats autrement qu'en formant des étudiants. Ceci peut probablement expliquer en partie le fossé que nous avons pu constater entre recherche et pratique en EIAH. Certains chercheurs peuvent par exemple, abandonner une question de recherche à la fin d'un projet pour en aborder une nouvelle ; d'autres vont poursuivre des travaux pendant de longues années sans chercher à en transférer les résultats concrets à des utilisateurs potentiels. Nous pouvons d'ailleurs constater que plusieurs des vingt projets étudiés ne sont pas de véritables projets mais plutôt une somme de questions de recherche. Nous pouvons également identifier un problème de transfert des résultats de recherche très propre au milieu académique. En effet, si un résultat de recherche en particulier, qu'il soit technologique ou méthodologique par exemple, intéresse l'entreprise privée, celle-ci va pouvoir acquérir un brevet ou mettre en application une nouvelle façon de faire pour le mettre à profit. En revanche, aucun rouage n'est vraiment actuellement systématisé pour que les principaux utilisateurs (professeurs, élèves et étudiants du primaire à l'université) puissent bénéficier des résultats de la recherche en IHM et EIAH et ceux-ci agissent donc empiriquement.

Paradigme de l'interaction et apprentissage

Selon nous, le paradigme de l'interaction humain-machine lui-même, peut aussi expliquer le peu de prise en compte de l'IHM dans le développement de certaines applications d'apprentissage. En effet, ce paradigme a des bases très cognitivistes, faisant peu ou pas de place aux aspects sociologiques, à la motivation,, à la culture, etc. De plus, la base de la méthode centrée sur l'utilisateur reste individuelle, c'est-à-dire sur la relation d'**un** individu face à **une** machine dans **un** système, en analysant successivement les besoins de plusieurs individus dans le cas de groupes de travail. La méthode centrée sur l'utilisateur consiste ainsi à faire correspondre le modèle mental du concepteur à celui de l'utilisateur, et à celui implémenté dans l'artefact qu'est l'interface, par l'intermédiaire de plusieurs étapes et de différents modèles et formalismes [17]. De fait, elle s'avère très efficace pour la conception d'un grand nombre d'applications dont les fonctions et les buts à atteindre sont définis, permettant de préciser les performances à atteindre. Cependant, le paradigme de l'interaction et la méthode centrée sur l'utilisateur nous apparaissent beaucoup moins puissants quand il s'agit de concevoir un système qui va permettre à un groupe de personnes d'acquérir des connaissances et des compétences, selon une approche socioconstructiviste, telle qu'on peut l'aborder dans des environnements d'apprentissage collaboratifs et/ou coopératifs, et à partir de ressources pédagogiques quasiment illimitées dans un environnement ouvert, comme le Web par exemple. Prenons l'exemple d'un simulateur qui doit permettre à des élèves de secondaire qui travaillent en groupe en ayant recours à toutes les ressources de l'internet, de découvrir et de comprendre une notion de physique. La situation d'apprentissage de référence, dans laquelle mener les analyses des besoins, ne comporte pas les différents éléments conjointement (technologie de communication, apprentissage par la découverte, groupe), la composition et la dynamique du groupe lui-même joue son rôle, l'interface ne peut se tester individuellement, la notion d'erreur et le temps requis sont difficiles à préciser, etc. C'est le cas de plusieurs projets d'apprentissage collaboratif/coopératifs actuels [5, 28, 29] et cela peut expliquer que les applications ne puissent que difficilement faire l'objet d'analyses, d'évaluations heuristiques ou de tests d'utilisabilité. L'intégration des technologies mobiles, téléphones et PDA, est aussi envisagée pour l'apprentissage [18] et la méthodologie de conception et d'évaluation doit être adaptée. Dans ce contexte, il nous paraît pertinent d'étendre le paradigme de l'interaction pour qu'il puisse répondre aux besoins de l'apprentissage collaboratif/coopératif et mobile.

PROPOSITIONS

Suite à ce constat et afin de proposer des solutions d'améliorations, nous suggérons trois axes à développer : la notion de recherche-projet, l'adaptation de la méthodologie de conception et d'évaluation et le développement de nouveaux outils.

Notion de recherche-projet

L'IHM est avant tout une question de processus [26] et, pour être effective, nous pensons qu'elle doit être intégrée aux méthodes du génie système, comme Paquette le préconisait déjà en 1999 pour l'EIAH, en parlant de « L'ingénierie des interactions » dans les systèmes d'apprentissage [19]. Selon nous, une première réponse au problème du manque d'intégration de l'IHM à l'EIAH consiste à redéfinir la notion de projet en une entité plus globale, de l'analyse initiale des besoins à l'implantation dans les classes. Toutefois, ceci ne concerne pas certains projets de recherche pointus ou théoriques, qui auront toujours leur raison d'être pour répondre à des questions de recherche précises. En effet, qui dit EIAH dit aussi domaine d'application de l'IHM et on retrouve la difficile relation théorie-pratique en science appliquée, comme c'est le cas dans d'autres dans domaines, notamment en Design industriel, ce qui a permis à des chercheurs de définir une nouvelle approche : la « gestion de la complexité » [10]. Empruntant sur le plan épistémologique à plusieurs disciplines, cette approche a défini son propre outil de recherche, la recherche-projet. En 1985, Kieras et Polson soulignaient déjà la nécessité de tenir compte de la complexité en IHM [14] et dès 1996, Perrenoud a plaidé pour l'adoption d'une approche de gestion de la complexité dans l'enseignement [20]. Nous pensons qu'une approche de recherche-projet devrait permettre de combler l'actuel fossé entre la recherche à la pratique, en impliquant notamment des équipes effectivement multidisciplinaires.

La classe expérimentale

Aujourd'hui, la recherche en éducation s'oriente surtout vers une approche pédagogique basée sur un modèle socioconstructiviste de l'apprentissage [4] mettant l'accent sur trois dimensions : la collaboration (dimension sociale), la construction à partir des conceptions antérieures (dimension constructiviste) et la réalisation d'une expérience signifiante (dimension interactive). Pour concevoir et évaluer ces environnements d'apprentissage, Tselios et al. [24] préconisent alors des évaluations d'experts, des méthodes exploratoires (études sur le terrain, entrevues, ethnométhodologie, etc.) et celles basées sur les modèles (modèle a priori du concepteur comparé à celui mis en œuvre par les apprenants). Or, on sait combien les tests d'utilisabilité sont importants dans les méthodes ergonomiques. Cependant, ceux-ci sont individuels et suivent un scénario précis de test. Tout en enregistrant un certain nombre de paramètres (durées, erreurs, stratégies), l'expérimentateur incite le participant à parler tout haut pour mieux comprendre son raisonnement. Quand on élabore une application qui soutient un apprentissage collaboratif, nous ne pouvons l'évaluer qu'en situation de groupe. Ainsi, en plus des méthodes suggérées par Tselios, de celles habituellement utilisées dans la recherche en éducation (pré-test, post-test, entrevues, etc.) et de l'évaluation heuristique de l'interface, nous proposons d'élargir la notion de tests d'utilisabilité en définissant un environnement de test collectif, la classe expérimentale, dans lequel des données sont enregistrées et analysées selon les trois dimensions : sociale (communication verbale et non-verbale, échanges de sms, courriels, fichiers, documents papier, etc.), constructiviste (recours aux ressources mises à disposition, consultation de sites Web, contenu des échanges, questions, etc.) et interactive (analyse de toutes les interactions avec l'application et stratégies d'exploration, des productions individuelles et collectives, etc.). Les participants à la classe expérimentale sont recrutés parmi les étudiants de la population cible et une pré-évaluation de leurs acquis est nécessaire. Ils sont ensuite mis dans une situation d'apprentissage réelle dans laquelle des caméras vidéo enregistrent tous les échanges (des étudiants et du professeur). Ces échanges sont tout particulièrement importants pour interpréter toutes les autres données enregistrées ; outre qu'ils nous permettent de comprendre la dynamique même de l'apprentissage collaboratif, ils tiennent lieu du « penser tout haut » des tests d'utilisabilité. Les actions faites sur les ordinateurs sont également enregistrées afin de garder trace de tout ce qui a été fait par les étudiants. Une classe expérimentale demande l'élaboration préalable d'un scénario de test et une instrumentation pour les enregistrements (caméras, « mouchard électronique »), difficilement envisageable dans une salle de classe ordinaire. Des travaux sont actuellement en cours en ce sens et plusieurs évaluations ont déjà pu être effectuées dans ce contexte [8].

De nouveaux outils

Aujourd'hui, pour répondre aux besoins de l'IHM dans les environnements informatisés d'apprentissage dans une approche socioconstructiviste, deux catégories d'outils sont nécessaires : des outils pour tester des systèmes d'apprentissage collaboratif/coopératif, à distance mais aussi en présence, c'est-à-dire quand plusieurs apprenants travaillent sur la même machine ainsi que des outils pour tester les applications d'apprentissage mobile qui se développent dans différentes disciplines, autant pour apprendre les langues en immersion grâce à la baladodiffusion (ou « podcast ») que pour étudier les sciences grâce par exemple à de simulateurs disponibles sur ordinateurs de poche [1, 2]. Dans ces deux cas, des données individuelles sur chacun des apprenants sont enregistrées, en même temps que des éléments concernant le groupe et les différentes formes de communication. Cependant, nous manquons d'outils adéquats pour la synchronisation des données et l'analyse. En effet, nous enregistrons actuellement un grand nombre d'informations dans une classe expérimentale (un cours peut durer trois heures) mais les outils dont nous disposons (logiciel MORAE et caméras numériques) limitent ensuite nos analyses. Par exemple, dans un groupe d'étudiants, il

nous faudrait pouvoir synchroniser facilement le contenu des échanges verbaux avec les actions faites à l'ordinateur ; pour ce faire un logiciel de reconnaissance vocale avec identification du locuteur devrait permettre de faire défiler la retranscription des échanges verbaux dans une fenêtre, pendant que l'analyste verrait ce qui a été fait sur l'ordinateur ainsi que la vidéo des participants. Il serait pertinent que certaines fonctions des logiciels qui permettent l'analyse du contenu de textes soient intégrées à un logiciel comme MORAE afin de faire des tris croisés. De plus, dans des situations où deux groupes (distants ou non) collaborent pour une tâche donnée, on aimerait aussi pouvoir synchroniser les enregistrements provenant de chacun des groupes. Pour l'apprentissage mobile, nous pouvons avoir accès à toutes ses actions faites (« logs ») sur son ordinateur de poche (PDA). Toutefois, il reste difficile de suivre avec une caméra vidéo l'étudiant dans ses déplacements (sauf en installant de petites caméras portables soit sur le PDA soit sur la personne, ce qui rend la situation peu naturelle). Par ailleurs, nous n'avons pas encore d'outil nous permettant de synchroniser les échanges verbaux de l'apprenant mobile avec ses actions sur l'ordinateur.

CONCLUSION

En étudiant la méthodologie de vingt projets de recherche en EIAH, nous avons pu vérifier que l'EIAH semble peu intégrer les apports de l'IHM, notamment en ce qui concerne la méthodologie. En regard des pratiques dans les classes, nous nous sommes également rendu compte qu'il y avait peu de transferts des résultats de recherche vers le milieu éducatif lui-même et plusieurs explications ont pu être proposées. Par ailleurs, le domaine des technologies de formation et d'apprentissage a ses spécificités qui conditionnent le processus de conception et d'évaluation d'applications, notamment dans une approche socioconstructiviste. Notre constat nous conduit à faire des propositions, en particulier celle d'adopter une approche de recherche-projet pour le développement en EIAH. Nous préconisons de plus, en complément des méthodes traditionnelles de l'IHM et de celles habituellement utilisées dans la recherche en éducation, d'élargir la notion de tests d'utilisabilité en définissant un environnement de test collectif, la classe expérimentale, dans lequel des données sont enregistrées et analysées selon les trois dimensions, sociale, constructiviste et interactive. De nouveaux outils devraient aussi être élaborés pour la conception et l'évaluation d'applications d'apprentissage collaboratif/coopératif et d'apprentissage mobile, notamment pour permettre une analyse détaillée des échanges et pour synchroniser les différentes données enregistrées.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Valorisation-Recherche Québec (VRQ) dans le cadre du Projet DIVA, le Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture (FQRSC) dans le cadre de l'équipe S@c-TIC, ainsi que de MATI Montréal pour leur contribution à ces travaux.

BIBLIOGRAPHIE

1. AIPU, *Actes du 24ème Congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire,* Montréal, 16-18 mai 2007. Disponible à l'adresse : http://aipu2007.umontreal.ca.

2. AQUOPS, *25ème Colloque de l'Association Québécoise des utilisateurs de l'ordinateur au primaire-secondaire,* Québec, 3-5 avril 2007. Disponible à l'adresse http://www.quops.qc.ca.

3. Bastien, J.M.C. et Scapin D. L. Les méthodes ergonomiques : de l'analyse à la conception et à l'évaluation. *Actes de la conférence ERGO IA'2002* (8-12 octobre 2002, Biarritz). ESTIA & ESTIA-Innovation, Biarritz, pp. 127-143.

4. Beaulieu, M., Martial, O., Carignan, C. et Vázquez-Abad, J. Protocoles socioconstructivistes et simulateurs en astronomie : rôle sur l'apprentissage, le développement des compétences et la motivation*. Dans les Actes du congrès annuel de la SCÉÉ - Société canadienne pour l'étude de l'éducation* (30 mai au 3 juin, 2008, Vancouver), Canada, à paraître.

5. Beaulieu, S., Gendron, S., Brousseau, N., Vézina, M. et Vázquez-Abad, J. *Une expérience internationale d'apprentissage collaboratif avec les TIC en sciences.* Conférence de l'AMTEC, Montréal, mai 2003.

6. Brangier, É. Et Barcenilla J., *Concevoir un produit facile à utiliser*, Éditions d'Organisation, Paris, 2003.

7. Coutant F., Robert J.-M., Laforest M., « Étude empirique des simulations éducatives pour l'enseignement des sciences : vers une caractérisation des simulations », *Actes du 24ème Congrès de l'AIPU* (16-18 mai, 2007, Montréal). Université de Montréal, 2007, pp. 1023-1026.

8. Droui, M., Martial, O., Kébreau, S., Pierre, S. and Vázquez-Abad, J. Les technologies mobiles pour mieux comprendre l'apprentissage coopératif dans un cours de physique. *Dans les Actes du congrès annuel de la SCÉÉ - Société canadienne pour l'étude de l'éducation* (30 mai au 3 juin, 2008, Vancouver), Canada, à paraître.

9. Falzon, P. *Ergonomie*. Presses Universitaires de France, Paris, 2004.

10. Findeli, A. Design et complexité : un projet scientifique et pédagogique à visée transdisciplinaire. *L'autre Forum (mai 2003, Montréal)*. Université de Montréal, pp. 11-17.

11. International Standards Organisation, ISO 13407 *Human centered design processes for interactive systems.* International Standards Organisation, Genève, Suisse, 1999.

12. Karsenti, T. Que pensent nos étudiants de l'usage des TIC dans l'enseignement universitaire ? *Les grandes conférences du CEFES* (3 octobre 2006). Université de Montréal, 2006.

13. Kolski, C. Systèmes d'information et interactions homme-machine- Environnement évolués et évaluation de l'IHM. *Interaction Homme-Machine pour les SI.* Hermès, Paris, 2001.

14. Kieras, D.E. and Polson P.G. (1985), *An approach to the formal analysis of user complexity*. International Journal of Man-Machine Studies, 22, 1985, pp. 365-384.

15. Martial, O. *Interaction Humain-Machine et Environnements informatisés d'Apprentissage Humain : Étude et perspectives méthodologiques*. Montréal, Rapport de recherche, à paraître, 2008.

16. Nielsen, J. *Usability Engineering*. Academic Press, New York, 1993.

17. Norman, D.A. Cognitive Engineering. In *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interactions*. Norman, D.A. and Draper S. (eds.). Lawrence Erlbaum Associates Hillsdale, NJ, 1986, pp. 31-61.

18. Nussbaum, M. and Zurita, G. A conceptual framework based on activity Theory for mobile CSCL. *British Journal of Educational Technology*, September 2005, pp. 1-25.

19. Paquette, G. L'ingénierie des interactions dans les systèmes d'apprentissage. *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. 25, No. 1, 1999, pp. 131-166.

20. Perrenoud Ph., Enseigner : agir dans l'urgence, décider dans l'incertitude. Savoirs et compétences dans un métier complexe, Paris, ESF, 1996.

21. Pierre S. (ed.) *Développement, intégration et évaluation des technologies de formation et d'apprentissage.* Presses Internationales Polytechnique, Montréal, 2005.

22. Pierre S. (ed.) *Innovations et tendances en technologies de formation et d'apprentissage*, Presses Internationales Polytechnique, Montréal, 2005.

23. Sandoz-Guermond F., Bobiller-Chaumon M.-E., « L'accessibilité des E-services aux personnes non-voyantes : difficultés d'usage et recommandations », *Actes de la conférence IHM'2006* (18-21 avril 2006, Montréal), pp. 171-174.

24. Tselios, N., Avouris, N. and Komis, V. *The effective combination of hybrid usability methods in evaluating educational applications of ICT : issues and challenges.* In Education Information Technologies, Springer, vol. 13, 2008, pp.55-76.

25. Sperandio J. C. *La psychologie en ergonomie*. Presses Universitaires de France, Paris, 1980.

26. Sperandio J. C. *Les méthodes d'analyse du travail en psychologie ergonomique*. In J.-P. Rossi, La recherche en psychologie : domaine et méthodes, Dunod, Paris, 1991, pp. 197-237.

27. Vanderdonckt, J. and Farenc C. (eds). *Tools for working with guidelines (TFWWG'2000)*. In Annual Meeting of the Special Interest Group. Springer, London, 2000.

28. Vázquez-Abad, J., Chouinard, R., Rahm, J., Vézina, M. and Roy, N. Effects of an approach to distributed, ICT-mediated collaborative learning on high-school students' motivation and attitudes towards science. *Presented at National Association for Research in Science Teaching (NARST),* San Francisco, California, April 2006.

29. Vézina, M., Roy, N., Vázquez-Abad, J., Chouinard, R. et Rahm, J. Le projet ScienTIC : L'apprentissage coopératif à distance des sciences. *72e Congrès de l'ACFAS*, Montréal, mai 2004.

Dispositif d'aide à la conception, à l'appropriation et à la transmission de connaissances : l'environnement d'apprentissage A.L.I.C.E

David BENMAHDI

Laboratoire Paragraphe (EA 349)
GREC – Equipe projet ALICE
Université Paris 8 - 2, rue de la Liberté,
93526 Saint-Denis cedex
david.benmahdi@univ-paris8.fr

Thierry BAFFOY

Laboratoire Paragraphe (EA 349)
Equipe projet ALICE
IUT de Montreuil - 140, rue de la Nouvelle France,
93100 Montreuil
t.baffoy@iut.univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

Environnement pédagogique innovant et résolument collaboratif, ALICE est une plateforme numérique de travail *opensource* d'aide à l'apprentissage et actuellement en cours d'expérimentation. Cet article décrit les raisons qui nous ont conduit à développer cet outil et présente ses caractéristiques essentielles. La conception de l'environnement d'apprentissage ALICE ainsi que les stratégies d'apprentissage qui en résultent sont clairement inspirées par deux approches : la première est issue d'une approche pédagogique interactionniste soutenue par des processus d'apprentissage socio-constructivistes et socio-culturels ; la seconde est issue de l'univers de la gestion des connaissances.

MOTS CLÉS : socio-constructivisme, socio-culturel, travail collaboratif, mémorisation, métacognition, gestion des connaissances, communauté épistémique, communauté de pratiques.

ABSTRACT

Alice is an innovative and collaborative pedagogical environment. It is a computerized opensource learning aid being experimented. This article describes the reasons which led us to develop this tool and presents its main functionalities. The design of ALICE and its learning methods stems mainly from two approaches: the first one from the socio-constructivist and socio-cultural pedagogies and the second one from the knowledge management.

KEYWORDS: socio-constructivism, socio-cultural, collaborative work, metacognition, knowledge management, epistemic community, community of practice, learning process.

INTRODUCTION

ALICE [2] est un ENT (*Environnement Numérique de Travail*) qui favorise la construction, le partage et la transmission des connaissances grâce à une technologie d'information et de communication permettant la mise en place de procédures d'explicitation, de conception et de documentation des connaissances que nous décrirons plus loin. Outil pédagogique innovant, sa mise en œuvre dans des formations ou dans des organisations apprenantes (entreprise, industrie, centre de formation) suit une méthodologie rigoureuse permettant la construction de parcours d'apprentissage personnalisés. Dans un premier temps, nous évoquerons les raisons de l'émergence de ce type de technologie d'information *(TI)* dans les processus d'apprentissage médiatisés via des dispositifs dits « e-learning » et expliciterons notre approche de la problématique. Dans un second temps, nous décrirons l'organisation ainsi que les principales fonctionnalités pédagogiques disponibles à travers l'utilisation de cet outil d'aide à l'acquisition et à l'appropriation de connaissances formalisées.

L'USAGE DES PLATEFORMES D'APPRENTISSAGE

L'approche classique

La gestion des connaissances est un des domaines dont l'évolution fait l'objet d'un nombre sans cesse croissant de travaux et d'expérimentations. Il existe de nombreux outils, méthodes et dispositifs nourrissant des Systèmes de Gestion de Connaissances [4], mais peu d'entre eux sont implémentés sous la forme d'un dispositif socio-technique au service d'un apprentissage collaboratif et coopératif[1] dans une double dimension socio-constructiviste et socio-culturelle. Certes, de nombreuses plateformes d'apprentissage en ligne mettent au service des apprenants et de leurs institutions de rattachement, des outils et des usages innovants [5,16] très performants

[1] *Le sens que nous donnons aux termes « apprentissage collaboratif » et « apprentissage coopératif » se veut fidèle à la synthèse proposée par J. Lonchamps en 2003 [18].*

basés sur des technologies d'information et de communication aujourd'hui opérationnelles. Pourtant il nous apparaît que l'une des plus importantes demeure insuffisamment développée : celle qui permettrait à des acteurs d'une organisation de s'appuyer sur un véritable processus de construction d'un capital explicite de leurs connaissances documentées.

Au sein des établissements de formation ou dans les entreprises, les plateformes d'apprentissage dites « classiques » n'ont souvent qu'une politique trop limitée de mise à jour de leurs ressources pédagogiques. Construites dans un contexte particulier, elles sont le plus souvent destinées à ne plus être en phase avec les apprenants de la promotion suivante qui évolue alors dans un autre contexte pédagogique. Ces derniers sont par ailleurs trop souvent en situation de consommation passive quant à l'utilisation de leur plateforme et de ses ressources. Or, nous sommes convaincus que les processus efficaces d'acquisition des connaissances doivent impérativement bénéficier d'une dynamique collaborative et/ou coopérative.

Sur les nouvelles plateformes d'apprentissage à distance ayant une approche dite « socio-constructiviste » de l'apprentissage, il ne s'agit plus de ressources pédagogiques fixes mais de ressources se construisant par l'interaction constante entre enseignants et apprenants. Ils sont eux-mêmes au cœur du processus d'apprentissage dont l'information formalisée et enregistrée devient une ressource à travers l'utilisation de TIC spécifiquement conçus à cet usage. Les échanges et réflexions formalisés qui en résultent sont au mieux conservés pour les promotions suivantes et au pire supprimés de la plateforme en fin d'année. Dans les deux cas, ces plateformes sont bien souvent transformées en systèmes d'information pédagogique [6,7], dans lesquels les ressources ainsi créées demeurent peu utilisées par les apprenants ou bien les replacent dans un état de passivité face à des ressources pédagogiques fixes comme sur les plateformes dites classiques.

Pour toutes ces raisons, il nous est apparu nécessaire d'orienter nos travaux vers une nouvelle approche des plateformes d'apprentissage.

Vers une nouvelle approche des TIC pour la transmission et le partage de connaissances

Les TIC sont depuis une dizaine d'année au centre de préoccupations pédagogiques et ceci notamment par le biais du e-learning. Les Systèmes d'Information (*SI*) y rajoutent une dimension organisationnelle, celle-ci étant impactée depuis peu par l'intégration de fonctionnalités qui permettent la mise en place de systèmes de gestion des connaissances.

Une approche qui serait exclusivement pédagogique, organisationnelle ou technologique, ne peut garantir la mise en place d'un système satisfaisant de partage et de transmission des connaissances. Partant de ce constat, nous souhaitons, par une approche croisée des processus d'acquisition et de transmission des connaissances, développer des dynamiques d'apprentissage qui sont habituellement réservées au fonctionnement de communautés cognitives et, plus particulièrement, aux communautés de pratique [24,25] et aux communautés épistémiques [15]. Dans cette perspective, notre approche du processus d'apprentissage est à la fois socio-constructiviste et socio-culturelle, œuvrant pour la mise en place d'un dispositif interactionniste centré sur la construction et le partage de la connaissance, jouant à la fois sur une approche collaborative et coopérative de l'apprentissage. De ce fait l'usage d'un artefact technologique tel que la plateforme ALICE nous semble central, de par les activités sociales et individuelles qu'elle engendre et qui nous paraissent nécessaires à l'acquisition et au partage des connaissances. Dans notre approche, la perception de l'objet connaissance ne peut alors être comparable à un simple objet informationnel exprimable et transmissible uniquement à l'aide d'une formalisation symbolique. Guidée par de nombreuses approches disciplinaires de l'objet connaissance, notre définition est alors celle d'une représentation en partie consciente et en partie non consciente qui, pour l'acteur apprenant, ne se manifeste qu'en action par un savoir-faire, un savoir-être ou un ensemble de compétences. Par voie de conséquence, l'usage d'ALICE et l'immersion de l'acteur dans les activités sociales qui entourent cet ENT, proposent une véritable situation d'expérimentation et de partage de connaissances. Notre approche de l'apprentissage et de l'activité cognitive associée est alors une *approche située* au sens défini par J. Lave & E. Wenger [17].

De ce fait, les processus d'acquisition, de transmission et de partage des connaissances par et pour les usagers de l'ENT, sont alors envisagés dans un espace socio-technique à l'intérieur duquel l'univers construit et partagé par le groupe d'apprenants autour de l'artefact technologique devient fondamental. La spécificité de l'approche que nous développons à travers le dispositif présenté est orientée vers la reconnaissance ainsi que l'exploration des représentations cognitives de chacun des apprenants. Pour cela la démarche s'appuie sur la capacité de chacun des usagers à discuter du sens à donner à un objet connaissance. Cette approche interactionniste est donc basée la capacité de chacun des apprenants à produire des interactions sociales structurées et proposées sous forme d'activités pédagogiques.

Cette approche du processus d'apprentissage et des dispositifs socio-techniques nous permet de replacer l'acteur apprenant au cœur de sa propre production de connaissances.

ALICE AU CŒUR D'UN DISPOSITIF SOCIO-TECHNIQUE DE GESTION DE CONNAISSANCES

L'approche que nous avons choisie voit dans les systèmes de gestion des connaissances un ensemble d'outils technologiques qui constitue, certes, un système d'information, mais ne se limite pas à ses composantes informatiques [20]. ALICE est congruente à cette approche qui voit dans les TIC des artefacts permettant la construction d'un dispositif social d'information et de communication. En tant qu'outil d'apprentissage, les technologies qu'il met en œuvre sont de véritables technologies d'information permettant de stocker et de gérer des objets informationnels dont l'objectif visé est alors d'offrir des possibilités de création de mémoires collectives et individuelles, celles-ci étant constituées par les utilisateurs de ce système de gestion des connaissances. Il s'agit donc d'informations élaborées et documentant des connaissances formalisées par les apprenants eux-mêmes.

L'équipe du projet ALICE fait l'hypothèse que la constitution d'une « mémoire vivante » sous forme de « base de connaissances »[2], permettant d'une part la construction de scénarii d'apprentissage personnalisés, et d'autre part une nouvelle dynamique de transmission et de capitalisation des connaissances par les apprenants, doit améliorer très sensiblement et durablement l'appropriation des dites connaissances. Le dispositif socio-technique construit autour de la plateforme ALICE s'inscrit donc dans la très récente et innovante lignée des systèmes de gestion des connaissances avec la particularité de pouvoir être implémenté dans le domaine de la pédagogie ou dans celui de l'industrie. Ainsi, si les fonctionnalités d'ALICE sont à l'origine orientées vers des acteurs apprenants qui appartiennent à des établissements de formation, le dispositif socio-technique constitué autour de l'ENT permet également de fructueuses applications dans le champ de l'entreprise, servant de multiples processus liés au management de la connaissance.

L'ENVIRONNEMENT ALICE : FONCTIONNALITES

ALICE fait partie de la famille des systèmes de gestion de connaissances. Le dispositif technologique est composé de six blocs fonctionnels: dyades, collections, moteur de pioche, historiques, statistiques et jeux-sessions. L'ensemble des services offerts par ces blocs fonctionnels ne sont pas visibles par les utilisateurs du dispositif. Ces fonctionnalités permettront la mise en place d'activités orientées vers le partage des connaissances des apprenants, les plaçant ainsi au centre du dispositif socio-technique de transmission de connaissances.

[2] *Nous désignons par « Base de connaissances » l'ensemble des objets informationnels stockés et disponibles à travers l'usage du système ALICE.*

D'un point de vue fonctionnel, le système ALICE propose deux blocs fonctionnels « dyades » et « collections » qui permettent aux utilisateurs de travailler sur des éléments informationnels permettant la représentation de leurs connaissances. Celles-ci, sont alors représentées dans l'environnement numérique sous la forme de dyades: éléments associant une question et une réponse. Ces dyades sont construites par le ou les apprenants suivant une démarche pédagogique interactionniste, constructiviste ou cognitiviste.

Les dyades sont organisées sous forme de collections: groupements de plusieurs dyades. Ces collections constituent pour le système ALICE des bases de connaissances qui pourront alors être manipulées par les utilisateurs apprenants.

ALICE offre alors aux utilisateurs la possibilité d'utiliser les collections et donc les dyades qu'elles contiennent. Ces collections seront conçues par les utilisateurs de manière individuelle ou collective et représentent aussi une activité pédagogique dont le détail sera décrit plus loin dans cet article.

Un bloc fonctionnel appelé « Jeux-sessions » permet à un utilisateur de réviser, d'apprendre ou d'explorer les dyades élaborées et stockées dans le système sous forme de collection. Ce bloc fonctionnel propose alors aux utilisateurs un ensemble d'interfaces graphiques constituant l'univers virtuel des jeux d'apprentissage. Ainsi il est possible de jouer avec des collections de multiples façons : individuellement pour travailler la mémorisation ou en groupe sous forme de compétitions cognitives organisées autour d'un espace de jeu virtuel partagé. De ce fait, ce bloc fonctionnel permet avant tout à l'utilisateur d'apprendre en explorant des représentations cognitives différentes des siennes notamment par l'utilisation de collections de type « scénario ».

Le bloc fonctionnel « Moteur de pioche » est un élément central du dispositif ALICE puisqu'il offre au bloc fonctionnel « Jeux-sessions » un ensemble de règles de sélections de dyades à présenter à l'apprenant dans le cadre du déroulement d'un « jeu ».

Le bloc fonctionnel « statistique » permet la création et la mise à jour de tableaux présentant les performances chiffrées d'un apprenant. Les statistiques qui sont alors élaborées et traitées par le système ALICE portent aussi bien sur les apprenants que sur l'usage des dyades et des collections présentes dans le système. L'ensemble des données qui sont générées sont alors susceptibles d'être exploitée par certaines règles de jeux implémentées dans le bloc fonctionnel « Moteur de pioche ».

Le bloc fonctionnel « historique » fournit un ensemble de traces portant sur les modifications des éléments d'une dyade ou d'une collection, ainsi que sur les réponses qu'un utilisateur à pu apporter en utilisant les dyades

d'une collection en mode « jeux-sessions ». Des fonctionnalités permettent à l'apprenant d'accéder à ses anciennes réponses et ainsi de suivre son évolution.

Malgré l'importance de chacun des blocs fonctionnels précédemment décrit et de la multitude des services qu'ils proposent aux utilisateurs apprenants, nous ne développerons dans cet article que certaines des fonctionnalités spécifiques offertes par les blocs « dyades », « collections » et « moteur de pioche » que nous considérons comme centraux dans le processus d'apprentissage liant l'acteur apprenant à l'ENT ALICE.

Dyades et Collections de dyades

Pour un champ donné de la connaissance, construire des dyades, c'est se confronter à son intelligibilité en identifiant, puis en les formalisant par écrit, des énoncés pertinents et rigoureux qui constituent des « unités élémentaires de connaissance ». Les dyades sont donc deux éléments liés, conçus et saisis par les utilisateurs, seuls ou en groupe, encadrés ou non par un expert ou un formateur, du type *question simple - réponse simple* (par exemple : formules, définitions, méthodes de conception, méthodes de traitement d'une tâche ou d'une situation, théorèmes, exercices d'application rapidement résolubles, calculs, etc.). La partie *question* peut être constituée d'un texte (le plus souvent), mais aussi d'une image, d'un son ou d'une vidéo. On peut concevoir des types de dyades plus complexes : par exemple associant des documents en ligne ou encore chaînées logiquement. En ce cas, le « tirage » de certaines dyades pourra entraîner une imbrication d'autres dyades liées entre elles selon une progression pédagogique donnée.
Toutes les dyades stockées dans le système ALICE sont regroupées et classées dans des collections.

La création de dyades représente *in fine* une activité où l'acteur apprenant est amené à formaliser très rigoureusement ses savoirs; les implications en sont importantes [13]. En effet, cela revient à demander à un apprenant de modéliser et d'expliciter une connaissance au sens du processus d'explicitation définit en gestion des connaissances par le modèle SECI développé par I. Nonaka [19]. C'est aussi et surtout faire entrer l'apprenant dans un processus de conception au sens défini par les sciences cognitives [11].

Cette démarche constitue la première activité pédagogique fondamentale proposée par ALICE, la deuxième concernant leur révision sous forme de scénarii personnalisés. Elle conduit les acteurs apprenants à rentrer dans une intelligibilité nouvelle de leur domaine d'apprentissage en se confrontant à l'identification de ce qu'il leur faut retenir, et à la formalisation méticuleuse des énoncés. Il est notamment important de hiérarchiser leur niveau de difficulté (par exemple : élémentaire, moyen et élevé). Les dyades peuvent être créées individuellement ou en groupe. Une commission de labellisation, composée d'acteurs apprenants (étudiants, salariés, stagiaires) et/ou d'experts (formateurs ou utilisateurs reconnus comme des référents), décide de la qualité des objets informationnels et de leur classification dans la base de connaissance offerte par ALICE. Cette commission a aussi pour objectif d'amener les différents acteurs à échanger leurs idées quant à la pertinence du raisonnement et à la manière de formaliser les dyades. Les dyades validées permettent à l'ensemble des utilisateurs du dispositif de les utiliser pour la constitution de collections et de scénarii de jeu. Faire travailler ensemble dans cet esprit les acteurs apprenants et les acteurs formateurs ou experts permet également de rentrer très utilement dans leurs modes respectifs de représentation des connaissances et dans leur intelligibilité. Une telle opération peut également leur permettre, sous certaines conditions, une phase métacognitive qui peut être très utile pour leur progression personnelle. Ainsi, comme le font remarquer certains auteurs [22, 23], cette phase permet à un utilisateur de prendre conscience de ses propres représentations cognitives d'un objet informationnel ou d'un processus de traitement de celui-ci, c'est-à-dire, dans notre cas, celui de la construction de ses connaissances.

L'ensemble des dyades est réparti dans des collections créées par les utilisateurs, lesquelles constituent donc des *corpus de connaissances*. L'ensemble des corpus de connaissances constitue la base de connaissances ALICE. Une collection peut être « visible », c'est-à-dire accessible à tous. Elle peut également être « invisible » ou privée, donc sélectivement accessible à son ou ses propriétaires. Un utilisateur d'ALICE peut construire plusieurs types de collections, par exemple : des collections simples qui sont un ensemble de dyades prêtes à être utilisées et des collections scénarii qui sont une suite de dyades liées les unes aux autres, selon une perspective de progression pédagogique.

Par exemple, dans un contexte d'établissement de formation, suite à un enseignement présentiel ou à une démarche personnelle d'apprentissage, des apprenants de première année d'informatique peuvent constituer des collections de dyades dédiées à des apprentissages particuliers : une en algorithmique, une en architecture, une en système et une en Java. Ces quatre collections représenteront le corpus de connaissances d'informatique de première année qui pourra être utilisé et enrichi par de nouveaux apprenants ou par les mêmes apprenants évoluant en seconde année. Les apprenants de seconde année auront leur propre corpus, plausiblement augmenté de quelques autres collections qui peuvent, en tant que de besoin, être constituées par des collections de collections, etc.

Dans un contexte industriel ou dans une entreprise, un salarié utilisant ALICE peut constituer des collections de dyades dédiées à des apprentissages particuliers : la réalisation d'une tâche, les actions à entreprendre pour le

traitement d'une situation, les règles de fonctionnement d'un service, les règles de sécurité acquises empiriquement, etc. Ces collections représenteront le corpus de connaissances qui sera lié au profil de poste de l'employé. Ce corpus de connaissances pourra être utilisé et enrichi par des salariés effectuant ou devant effectuer des tâches ou des actions similaires. Un nouvel employé à un poste n'aura qu'à utiliser la collection correspondant au profil du poste qu'il occupe afin d'acquérir les connaissances, ou une forte indication sur les connaissances, qui sont nécessaires afin de devenir théoriquement opérationnel sur ce poste. Enfin il pourra par la suite, enrichir la collection ou en créer d'autres en y apportant sa propre expérience formalisée sous forme de dyades.

ALICE permet et même incite à ce que ces corpus ne soient jamais figés, chaque collection pouvant être complétée et amendée à tout moment.

Moteur de pioche

Ce module et ses services, sont le cœur d'ALICE. Il permet aux utilisateurs apprenants de jouer avec les dyades d'une collection en permettant au système de sélectionner (*i.e.* de piocher) les dyades de la collection choisie par l'utilisateur, en fonction de paramètres qu'il sélectionne lui-même (niveau de difficulté, ancien score de l'utilisateur apprenant sur cette collection, etc). Des règles de jeu implémentées dans le système permettent une grande variété de modes d'exploitation des dyades d'une collection par le moteur de pioche, notamment la mise au point de scénarii de jeu: par exemple jouer seul dans le cadre d'un programme individuel de révision, jouer à plusieurs dans le cadre d'une compétition intra groupe ou inter groupes, etc.

L'ENVIRONNEMENT ALICE : MISE EN ŒUVRE

Soit, par exemple, un programme pédagogique divisé en plusieurs parties. Les acteurs apprenants s'y confrontent en construisant le plus grand nombre de dyades pertinentes possibles, réparties en autant de collections qu'il y a de parties. Une fois l'opération réalisée, peuvent s'organiser des séances de révision selon des scénarii décidés collectivement. Le moteur de pioche permet le tirage des dyades – qui peuvent être préalablement classées par niveaux de difficulté – qui se fait en plusieurs sessions jusqu'à épuisement de la *base initiale de dyades* et transfert de son contenu dans les deux bases « *dyades sues* » et « *dyades non sues* ». L'objectif final est bien entendu de transférer la totalité des dyades de la base initiale, puis de la base des « *non sues* » dans la base des « *dyades sues* ». Mais rien ne garantit *a priori* leur mémorisation définitive. Aussi, ALICE met-il en œuvre un processus de contrôle qui a pour objectif un ancrage mnésique optimum. Ces « *dyades sues* » seront à nouveau tirées lors des sessions de révision selon une périodicité paramétrable par l'apprenant. Par exemple : au bout de 2 jours, puis 7, puis 21, 40 jours, puis 3 mois. Les « dyades sues » qui auraient été oubliées entre-temps retournent dans la base des dyades « non sues ». On pourra considérer comme acquises de manière optimum celles qui resteront mémorisées au bout de 3 mois.

Stratégie d'évaluation et d'appropriation des connaissances par les acteurs apprenants

La notion d'évaluation, et plus particulièrement d'auto-évaluation, nous semble centrale pour permettre l'appropriation effective d'un ensemble de connaissances car, pour l'acteur de cette activité, il s'agit de mobiliser un ensemble important de ressources cognitives (référentiels, connaissances, …). Dans cet esprit, voici par exemple deux types d'activités proposées à l'apprenant par l'usage de la plateforme ALICE.

Session de construction / révision

Cette session de travail consiste à demander à l'apprenant de construire ou/et de réviser dans l'ordre qui lui plaît des dyades et des collections sans se crisper sur la pertinence et l'efficacité de son travail, au sens du tryptique pertinence/efficience/efficacité [1].

Habituellement les sessions de construction et de révision de dyades et de collections sont des activités spécifiques séparées. Cependant il est important de noter que les acteurs apprenants sont en permanence invités à proposer des énoncés plus pertinents pour les dyades existantes et à élaborer des dyades supplémentaires autant que de besoin.

Session d'évaluation et de prise de notes

Il s'agit d'une activité durant laquelle l'acteur utilise réflexivement la panoplie d'indicateurs à sa disposition dans ALICE pour comprendre et interpréter par lui même sa progression. ALICE apporte à l'utilisateur un soutien dans sa progression, l'aidant à identifier ses lacunes, ainsi que les éléments de connaissances qu'il doit renforcer ou reformuler, etc. Pour faciliter ce travail, un carnet d'évaluation est mis à sa disposition. Il peut y écrire noir sur blanc ses conclusions et projets d'apprentissage à côté de chaque indicateur. Bien entendu, la valeur de ces indicateurs concernera successivement (quand c'est possible) l'apprenant ou le groupe auquel il appartient. Pour l'apprenant, cette tâche doit renforcer ses compétences en matière d'auto-évaluation. Elle lui permet notamment de développer sa capacité d'abstraction et son regard critique. Nous pensons qu'en procédant de la sorte, l'apprenant sera plus en mesure d'acquérir le recul nécessaire à la compréhension et à l'amélioration de ses propres processus d'apprentissage.

Modalités de travail durant ces sessions

Le travail peut se faire de manière individuelle, en groupe ou dans le cadre d'un concours. Il est possible,

par exemple, de mettre en compétition des groupes d'apprenants pour construire des collections relatives à un thème prédéfini. Ces groupes sont ensuite en mesure de s'atteler à la construction de scénarii sur la base des collections sélectionnées. Enfin, il est possible de mettre le produit de ces travaux à la disposition d'autres apprenants ou groupes d'apprenants, ce qui *in fine*, présente un grand intérêt pour l'ensemble des acteurs du dispositif socio-technique construit autour d'ALICE.

Comme dans tout autre système d'apprentissage, pour permettre une meilleure intégration et utilisation des fonctionnalités offertes par l'outil ALICE, les nouveaux apprenants peuvent se voir affecter des tuteurs qui sont des usagers expérimentés du dispositif.

PROCESSUS COGNITIFS ET TYPES D'APPRENTISSAGE IDENTIFIES PAR RAPPORT A LA NATURE DE L'ACTIVITE ET DE L'ORGANISATION

Des recherches effectuées dans divers domaines tels que l'apprentissage assisté par des artefacts technologiques [8,10,21], la construction de connaissances par des communautés cognitives [9,24] mais aussi des approches pédagogiques dites communautaires et innovantes [8,10,17], ainsi que des ouvrages traitant de sujet transversaux [12,18], nous ont permis d'identifier certains des processus engendrés par le dispositif socio-technique constitué autour de l'ENT ALICE.

A partir de ces processus, nous avons pu identifier des types d'apprentissage et certains des processus cognitifs qui sont alors mis en œuvre dans les activités disponibles par l'utilisation de la plateforme ALICE. Cette typologie nous permet d'augurer un certain nombre de résultats psychologiques et comportementaux chez les acteurs apprenants du dispositif.

Le tableau ci-dessous propose donc une synthèse des résultats attendus en fonction de l'activité dans laquelle l'acteur apprenant s'investit.

Type d'activité	**Organisation**	**Processus d'apprentissage**	**Résultats attendus**
Construction de dyades	Acteur seul face à l'ENT	- Constructiviste - Cognitiviste	- Métacognition - Appropriation par l'usager de ses méthodes de conception et de représentation
Construction de dyades	Communauté épistémique	- Interactionniste	- Métacognition - Conscience et compréhension des différentes rationalités
Révision avec des collections	Acteur seul face à l'ENT	- Cognitiviste	- Mémorisation - Appropriation de la connaissance - Auto-évaluation
Utilisation de collections	Acteur seul face à l'ENT	- Cognitiviste	- Appropriation de la connaissance - Auto-évaluation - Compréhension des différentes rationalités et représentations cognitives
Évaluation et labellisation d'un corpus	Communauté épistémique organisée autour de l'ENT	- Interactionniste	- Doute et capacité évaluative - Engagement dans la communauté de pratique
Participation à l'ensemble des processus	Communauté de pratique	- Organisationnel - Interactionniste	- Faire société - Développement des capacités de gestion individuelle et d'auto-organisation collective.

Tableau 1: Activité, organisation, processus d'apprentissage et résultats attendus.

Selon nous, l'ensemble des activités offertes par ce dispositif socio-technique place l'acteur apprenant au cœur de sa propre production de connaissances. Que cela soit dans le cas de connaissances conceptuelles ou académiques pouvant être explicitées, ou dans le cas de savoir-faire mobilisant des connaissances dites tacites [14], l'organisation sociale construite autour de l'environnement numérique permet la mise en place d'un apprentissage interactionniste [12].

Activité individuelle

L'activité individuelle de type « construction de dyades » ou « révision avec des collections », offre à l'apprenant la possibilité de faire usage de la connaissance qu'il possède tout en lui permettant au travers l'usage d'ALICE d'observer son évolution. Dans le cas de la « construction de dyades », il s'agit d'amener l'apprenant à formaliser ses connaissances, à les expliciter puis à s'interroger sur son propre mode de représentation cognitive de celles-ci. Dans le cas de la « révision avec des collections », il s'agit d'accompagner l'apprenant dans une activité de mémorisation et de renforcement de ses savoirs en lui donnant les outils nécessaires pour un suivi de son évolution. Enfin à travers ces deux cas il s'agit aussi de l'accompagner dans la construction de sa capacité de questionnement et d'autocritique notamment par le biais de l'auto-évaluation.

Il nous apparaît alors que l'apprentissage s'avère d'autant plus performant que les acteurs y exercent une véritable co-responsabilité, et ce en étant garants de la pertinence des connaissances qu'ils doivent assimiler.

L'ensemble de ces activités doit alors conduire l'apprenant à une phase métacognitive. Il est alors possible d'imaginer que, de cette phase, l'apprenant sorte cognitivement mieux équipé afin de gérer et mémoriser de nouvelles connaissances.

Activité collective

Les activités sociales engageant plusieurs utilisateurs permettent la création d'une communauté cognitive favorisant l'émergence de conflits sociocognitifs qui permettent la mise en place d'un apprentissage de type interactionniste.

La communauté cognitive formée autour de l'ENT est organisée selon trois activités principales.

L'activité première relève comme nous l'avons vu, de la construction des dyades et des collections de dyades.

L'activité seconde consiste à soutenir le processus d'apprentissage en garantissant l'évolution et la qualité des ressources qui sont disponibles sous la forme de dyades et de collections. Cette activité se traduit par des réunions ponctuelles durant lesquelles les membres se doivent de communiquer, formaliser et argumenter leurs points de vue. Ainsi, se crée un espace de médiation et de débats autour des connaissances explicites ou tacites que le groupe de travail doit faire évoluer et maintenir dans le système ALICE sous la forme de collections de dyades.

La troisième activité a pour objectif de garantir et d'assurer, pour l'ensemble de la communauté, un usage optimum du dispositif socio-technique. Cette dernière activité se traduit par un système de compagnonnage favorisant l'appropriation de la technologie qui en découle. La compréhension par les utilisateurs des activités qui résultent de cette perspective, leur permet de s'impliquer de manière très productive dans la mise en œuvre de l'ENT ALICE.

La communauté cognitive construite autour de ce dispositif technologique est, surtout pour les deux premières activités, une communauté épistémique dont le travail est typiquement de nature collaborative. Cette communauté cognitive se double d'une communauté de pratiques via la troisième activité.

La structuration de la communauté cognitive permet la transmission des savoirs sous la forme d'un apprentissage socio-culturel et socio-constructiviste qui émerge alors des interactions sociales encadrées par des espaces de médiation liés aux activités proposées par l'ENT. Enfin, les membres de cette communauté cognitive peuvent avoir un statut à géométrie variable. Ils peuvent intervenir, selon leurs aptitudes ou les nécessités du moment, séquentiellement ou simultanément, dans chacune des trois activités mentionnées ci-dessus.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le dispositif socio-technique de partage et de transmission des connaissances proposé par l'utilisation de la plateforme ALICE lie les technologies de l'information et de la communication à l'univers de la gestion des connaissances et ceci par une approche cognitive et sociale de la problématique de construction des connaissances.

Ainsi, la technologie offerte par la plateforme ALICE à la différence d'outils déjà disponibles, propose aux acteurs apprenants, de s'investir dans la construction de leur parcours d'apprentissage par la modélisation de leurs connaissances, et cela par une activité de conception permettant ainsi la documentation et le stockage de celles-ci. De plus, les activités sociales engendrées par l'usage de cet ENT permettent une capitalisation efficiente des acquis des apprenants, ainsi qu'une transmission efficace des savoirs tacites.

De par la nécessité qu'ont les utilisateurs de participer aux activités sociales, il se construit naturellement une communauté épistémique qui se trouve alors renforcée par l'activité de la communauté de pratiques formée autour d'ALICE.

Cette approche, organisationnelle et communautaire, contribue ainsi efficacement à la transmission et à la capitalisation des connaissances et ceci par la création d'un espace de communication ainsi que des situations de conception, d'évaluation et de jeux partagés.

Cette approche permet la mise en place d'un véritable apprentissage coopérant et interactionniste, articulé sur la nécessaire implication des acteurs dans l'activité d'édification de la communauté épistémique à laquelle ils appartiennent.

En conséquence, le dispositif socio-technique conçu autour de la technologie d'information et de communication ALICE, nous semble répondre à de multiples étapes et contraintes d'apprentissage, permettant ainsi la mise en place d'un processus de transmission et de capitalisation des connaissances particulièrement performant.

BIBLIOGRAPHIE

1. Addouche S., Baffoy T., Benmahdi D. *La plateforme de gestion des connaissances académiques A.L.I.C.E. Évaluation des performances*. 13ème colloque national de la recherche dans les IUT - CNR IUT, Université Paul Verlaine-Metz IUT de Thionville-Yutz, Thionville, 2007.
2. Baffoy T., Benmahdi D. La plateforme pédagogique A.L.I.C.E.: expérimentations et ambitions pédagogiques. In *Questions de Pédagogies dans l'enseignement supérieur*, Pu Louvain, Louvain-la-Neuve, 2007, p.90-98.
3. Baker, M., de Vries, E., Lund, K., & Quignard, M. Interactions épistémiques médiatisées par ordinateur pour la co-élaboration des notions scientifiques. In *Apprendre avec des pairs et des TIC : quels environnements pour quels impacts ?* (2003, dir. C. Deaudelin, T. Nault), Presses de l'Université du Quebec, Montréal, 2003.

4. Balmisse, G. *Gestion des connaissances. Outils et applications du knowledge management*. Vuilbert, Paris, 2005.

5. Badillo, P.-Y., & Rizza, C. Transmission des savoirs: le rôle de catalyseur des technologies. In *Médiation et représentation des savoirs* (2004, dir. J.-P. Metzger), L'Harmattan, Paris, 2004, p. 61-71.

6. Benmahdi, D. *Expérience d'intégration d'une plateforme logicielle de formation à distance en milieu universitaire : construction d'un dispositif d'appui pédagogique distanciel orienté acteurs du présentiel*. 2ème colloque Moodlemoot Francophone. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Brest, 2006.

7. Benmahdi, D. *De l'intégration d'un système d'appui pédagogique à la construction d'un système d'information pédagogique - Construction réflexive des usages et d'un SI Pédagogique*. 3ème colloque Moodlemoot Francophone. Université Toulouse III - Paul Sabatier, Castres, 2007.

8. Cappelaere, P., Apprentissage médiatisé : le cas Forma-Sciences. In *EIAH 2003 : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain - Annexe*, Strasbourg, 2003, p. 23-26.

9. Conein, B., Communauté épistémique et réseaux cognitifs : coopération et cognition distribuée. In *Revue d'Economie Politique : économie des communautés*, 2004.

10. Dall'O, V., Former les formateurs : la communauté apprenante en réseaux dans le réseau internet. In *8ème biennale de l'éducation et de la formation*, INRP Éd., 2006.

11. Darses, F., Détienne, F., & Willemien, V. Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique. In *EPIQUE 2001, Journées d'étude en Psychologie ergonomique*, Nantes, 2001, p. 11-20.

12. Denecker, C., & Kolmayer, E.,. *Eléments de psychologie cognitive pour les sciences de l'information.* Presse de l'enssib, Villeurbanne, 2006.

13. De Vecchi G. *Faire construire des savoirs.* Hachette Education, Paris, 2003.

14. Ermine, J.-L., *La gestion de la connaissance*. Lavoisier, Paris, 2003.

15. Haas, P., Introduction: Epistemic Communities and Internationnal Policy Coordination. In *International Organization*, Vol. 46, No. 1, 1992, pp.1-37.

16. Kolmayer, E. Listes de discussion et mutualisation des connaissances. In *Médiation et représentation des savoirs* (2004, dir. J.-P. Metzger), L'Harmattan, Paris, 2004, pp. 73-83.

17. Lave, J., & Wenger, E., *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation.* Cambridge University Press, Cambridge, 1991.

18. Lonchamp, J., *Le travail coopératif et ses technologies.* Paris: Lavoisier, 2003.

19. Nonaka, I., & Takeuchi, H. *The knowledge-creating compagny. How Japonese Compagnies Create the Dynamics of Innovation.* Oxford University Press, New York, 1995.

20. Ouni, A., & Dudezert, A. *État de l'art des approches de définition du Système de Gestion des Connaissances (SGC)*. 9ème colloque de l'AIM : Systèmes d'information : perspectives critiques. INT-Evry, 2004.

21. Quignard, M., Baker, M., Lund, K., & Séjourné, A., Conception d'une situation d'apprentissage médiatisée par ordinateur pour le développement de la compréhension de l'espace du débat. In *Actes Colloque EIAH* , Strasbourg, 2003, p. 355-366.

22. Romainville M. *Savoir parler de ses méthodes : metacognition et performance à l'université*. De Boeck, Bruxelles, 1993.

23. Weil-Barais (dir.). *L'homme cognitif.* P.U.F, Paris, 2005.

24. Wenger, E. *Communities of Practice*. Cambridge University Press, New York, 1998.

25. Wenger, E., McDermott, R., & M. Snyder, W. *Cultivating community of practice*. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 2002.

Vers des règles ergonomiques pour les logiciels éducatifs avec une modélisation ouverte à l'apprenant : mélanger couleurs et émotions

Sylvie Girard, *Hilary Johnson*

HCI Research lab, Department of Computer Science, University of Bath, BA2 7AY BATH, United Kingdom,
tel:+44122538 61 83, +441225 38 61 83, fax : +441225 38 49 93
s.a.girard@bath.ac.uk, h.johnson@bath.ac.uk

RESUME

À l'heure actuelle, il existe peu de règles ergonomiques concernant la conception de modèles d'apprenants dans les logiciels éducatifs pour enfants. En travaillant en collaboration avec des enseignants et des élèves lors de la conception de tels logiciels, nous cherchons à établir des recommandations ergonomiques sur l'utilisation de couleurs et l'introduction d'émotions pour représenter visuellement l'évolution du processus d'apprentissage dans un logiciel éducatif pour enfants. Dans cet article, nous introduisons différentes interfaces développées en utilisant des métaphores d'apprentissage colorées et à base émotionnelles (expressions faciales et corporelles). Nous avons évalué la compréhension de deux métaphores d'apprentissage, le *Traffic-Light System* (couleurs), et les *Smiley Faces* (expressions faciales), sur des enfants d'école primaire Anglais et Français (âgés de 7 à 11 ans). Nous cherchons à évaluer comment l'utilisation de ces métaphores dans la conception de logiciels éducatifs permettra de faciliter :

1. la reconnaissance de ce que l'apprenant sait ou ne sait pas faire ;
2. la demande d'aide lorsqu'il ne comprend pas le concept enseigné ;
3. la compréhension et la manipulation du modèle de l'apprenant par les utilisateurs qui y ont accès.

MOTS CLES : IHM, émotions, apprentissage, cognition, Open Learner Modelling, règles ergonomiques

ABSTRACT

There are few ergonomic guidelines concerning the learner modelling component of educational software designed for children. Using a participatory-desing approach with teachers and students, our work aims to develop a set of guidelines concerning the use of colours and coloured metaphors of learning. In this paper, we introduce a set of user-interface features using colours and facial/bodily expressions in the design of a tutor as a metaphor of learning. We tested the understanding of a coloured metaphor of learning, the *Traffic-Light system*, and an affective metaphor of learning, the *smiley faces*, on French and English primary school children (7 to 11 yrs old). We are investigating how the use of these metaphors in the design of Open-Learner Modelling tutors can help better promote learning and develop the following skills:

1. recognizing the learner's own learning skills and achievements;
2. asking for help when the concept to be taught isn't acquired;
3. understanding and manipulating the learner model better for all users granted access.

KEYWORDS : HCI, emotions, learning, cognition, Open Learner Modelling, guidelines,

INTRODUCTION

L'accès au modèle de l'apprenant dans les logiciels d'apprentissage s'étend à des populations d'utilisateurs spécifiques tels que les enfants [5]. De plus en plus de logiciels prennent en compte l'âge réel des utilisateurs ainsi que leur évolution cognitive ou émotionnelle. Cependant, il n'existe qu'un nombre restreint de recommandations ergonomiques concernant la représentation et l'accès au modèle de l'apprenant par les utilisateurs. Notre intérêt dans ce contexte réside dans l'étude de l'utilisation de métaphores d'apprentissage colorées pour représenter différentes parties du modèle de l'apprenant, et l'analyse de ses bénéfices en termes d'apprentissage et de motivation à utiliser le logiciel.

À partir des recommandations existantes concernant les didacticiels pour enfants, ainsi que la présence de couleurs dans les interfaces utilisateurs, nous avons construit, en collaboration avec des éducateurs et des élèves d'écoles primaires anglaises et françaises, deux logiciels utilisant des métaphores d'apprentissage basées sur les couleurs et les émotions. Nous présentons ici nos premiers résultats sur l'utilisation combinée de ces deux métaphores.

ÉTAT DE L'ART

Les travaux de recherche liés à notre problématique se divisent en trois domaines : les logiciels éducatifs avec un modèle ouvert de l'apprenant ; les travaux effectués

sur les émotions et leur lien avec la cognition ; et enfin le développement et l'évaluation d'application interactives pour les enfants.

Modélisation Ouverte d'Apprenants

Dans le domaine de l'ingénierie éducative, il apparaît aujourd'hui important de pouvoir adapter le contenu éducatif des logiciels aux besoins des enfants, permettant de ce fait à ces derniers d'apprendre à un rythme qui leur est propre. Les systèmes adaptatifs apportent une solution intéressante à ce besoin. Adaptant leurs fonctionnalités, structures ou interfaces aux utilisateurs, ils permettent une personnalisation de l'apprentissage à travers l'utilisation de techniques de modélisation de l'apprenant. Une partie de la recherche en modélisation de l'utilisateur est focalisée sur la création de systèmes de modélisation ouverte de l'apprenant (Open Learner Modelling). Ceux-ci autorisent les apprenants, ou autres intervenants dans le processus d'apprentissage, à accéder et/ou interagir avec les modèles des apprenants. Ces techniques de modélisation semblent avoir un impact bénéfique sur la motivation d'apprentissage des étudiants [5]. Les modèles d'apprenants ont également été explicites envers les encadrants pédagogiques. Dans ce cas, ils offrent la possibilité aux enseignants d'adapter leur enseignement à chaque individu en leur donnant accès à des informations d'une grande valeur pédagogique concernant leurs élèves. Cependant, très peu de travaux étudient les bénéfices en termes d'apprentissage de l'ouverture du modèle d'apprenant dans des didacticiels pour enfants. Nous nous intéressons ici aux logiciels éducatifs utilisés dans les écoles primaires en Angleterre et en France.

Émotion et cognition

L'utilisation des émotions pour faciliter l'apprentissage apparaît comme bénéfique dans les logiciels éducatifs. Le lien entre émotion et cognition a en effet été étudié et reconnu d'un intérêt certain en psychologie ergonomique [9]. L'inclusion d'émotions dans certaines parties des logiciels éducatifs pourraient influer sur la motivation de l'enfant à utiliser le logiciel, et/ou présenter l'environ-nement d'apprentissage d'une manière plus conviviale. Certains travaux ont ainsi montré l'intérêt d'utiliser des agents émotionnels pour faciliter l'interaction de l'enfant avec le système [1, 8]. Alors que les adeptes de la psychologie positive favorisent l'esthétique, nous nous intéressons à l'inclusion d'émotions considérées négatives à certains moments de l'apprentissage.

Applications interactives pour les enfants.

La recherche dans le domaine de la création d'applications interactives pour les enfants a conduit à l'élaboration de recommandations ergonomiques, ainsi que d'heuristiques de conception et d'évaluation [2, 7]. Lors de la création d'environnements intelligents d'apprentissage pour les enfants, l'interaction entre l'enfant et le système se doit d'être intuitive et attrayante. L'enfant peut ainsi se concentrer sur la tâche demandée, et non sur l'utilisation de l'interface. À l'heure actuelle, il existe cependant peu de règles ergonomiques concernant la conception de modèles d'apprenants dans les logiciels éducatifs pour enfants. Des études en Interaction-Homme Machine et en ergonomie se sont intéressées a l'utilisation de certaines couleurs dans les interfaces utilisateurs et leur induction émotionnelle. Diaper & Sahithi [4] ont montré les dangers de la mauvaise utilisation de couleurs sur la lisibilité de l'interface. Depuis quelques années, des heuristiques sont également apparues concernant la conception d'applications utilisant des émotions [3].

L'étude de l'utilisation de couleurs et l'inclusion d'émotions dans les logiciels à modèle d'apprenant ouvert nous apparaît donc comme une problématique de recherche intéressante.

METAPHORES D'APPRENTISSAGE

Lors de la conception d'un logiciel éducatif à modélisation ouverte d'apprenant, une décision cruciale réside dans le choix d'une ou de plusieurs métaphores d'apprentissage. Ces métaphores ont pour but d'aider l'élève à associer les éléments de l'interface ou de son modèle utilisateur, à ce qu'il doit faire, ce qu'il a appris, ainsi que les concepts qu'il n'a pas assimilés correctement.

Les deux métaphores d'apprentissage les plus largement utilisées en Angleterre sont le *Traffic-light system* et les *Smiley Faces*. Elles divisent l'évolution de l'apprentissage d'un concept en 3 états, egalement considérés comme cibles pédagogiques:

1. le concept n'est pas compris ☹
2. bien que l'élève fasse encore des erreurs, il commence à comprendre 😐
3. le concept est intégré.🙂

La Figure 1 présente ces deux métaphores ainsi que leur signification en termes d'apprentissage.

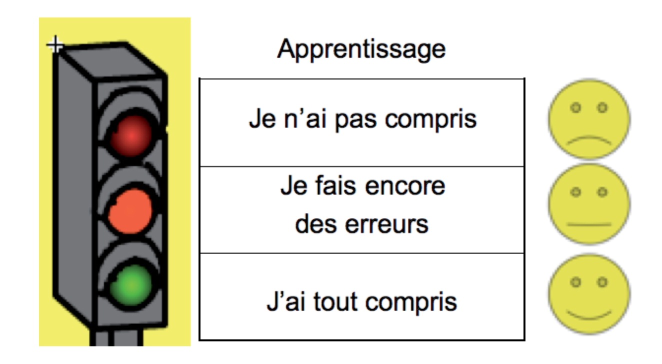


Figure 1: Traffic-Light System et Smiley Faces

Le *Traffic-Light System*, ou métaphore des feux de signalisation, repose sur le symbolisme internationalement reconnu pour la sécurité routière, et associe une couleur (rouge, orange, vert) à chaque état (pas compris, compréhension moyenne, compris). La métaphore des *Smiley*

Faces, quant à elle, y associe une émotion (content, neutre, mécontent).

Nous avons mené des évaluations auprès d'élèves d'écoles primaires anglaises et françaises afin d'étudier leur compréhension de ces deux métaphores d'apprentissage. Ces tests ont été réalisés sur une classe française de niveau CE2 de 29 élèves (moyenne d'âge 8 ans), ainsi qu'une classe anglaise de niveau "year 6" (CM1/CM2) comprenant 26 élèves (moyenne d'âge 10 ans). Les enfants devaient associer les représentations graphiques des deux métaphores aux trois états d'apprentissage. Les résultats montrent clairement que les enfants comprennent ces deux métaphores, avec un pourcentage de bonne association de 96% (resp. 93%) pour le *Traffic-light System*, et 100% (resp. 96.5%) pour les *Smiley Faces* pour les enfants anglais (resp. français).

Utiliser uniquement la métaphore des feux de signalisation pose des problèmes visuels pour certains utilisateurs, tels que les élèves daltoniens ne pouvant pas distinguer le rouge du vert. Il semble cependant possible, au vu de l'évaluation précédente, de combiner l'utilisation de ces deux métaphores dans la conception d'éléments de l'interface du logiciel. La redondance de symbolisme (couleur et expression) devrait ainsi permettre de contourner un éventuel handicap lié à la perception des couleurs.

EMOTIONS ET FEUX DE SIGNALISATIONS

Nous présentons ici trois études sur l'utilisation de couleurs et/ou d'émotions comme métaphores d'apprentissage dans la conception de différentes parties d'un modèle d'apprenant : la représentation de l'acquisition de concepts, le système d'aide pédagogique, ainsi que l'accès, la compréhension et la modélisation de son modèle d'apprenant.

Meta-cognition et niveaux d'apprentissage

La majorité des didacticiels « ouvrent » le modèle d'apprenant au niveau de la visualisation des concepts acquis lors de l'utilisation du logiciel. Cette information est parfois partagée, ou manipulée par l'utilisateur, l'enseignant, les parents, ou les camarades de classe. Elle a pour but de faciliter le développement de processus métacognitifs, tels que savoir ce qu'on sait faire, ou ce que l'on doit réussir pour finir un niveau d'activités.



Figure 2 : Modéliser l'apprentissage

Nous avons intégré la métaphore des feux de signalisations dans un didacticiel de mathématiques. La *DividingQuest* [6] comprend 15 activités liées à l'apprentissage des divisions pour des enfants anglais de 10/11 ans. Dans la Figure 2, l'utilisateur a acquis la cible pédagogique « orange » pour la zone d'activités concernant l'apprentissage des divisions courtes. La progression de l'apprentissage est définie par des cibles sur la zone d'apprentissage principale, ainsi que des symboles associés à cette zone (arbres pour la forêt, etc.). L'utilisateur ayant réussi l'exercice de niveau 1, les symboles montrant l'évolution de l'apprentissage pour cette zone sont un mélange d'arbres rouges et verts. L'utilisateur atteindra la cible verte lorsqu'il aura réussi l'exercice de niveau 3. Nous cherchons à savoir si l'utilisation de la métaphore dans la représentation des cibles pédagogiques, ainsi que la représentation des « bonnes réponses » dans un exercice, influent sur les choix faits par l'utilisateur et sur ses processus d'apprentissage.

Système d'aide pédagogique

Une seconde méthode pour ouvrir le modèle d'apprenant est l'interaction entre l'utilisateur et le système par le biais d'aides d'apprentissage.

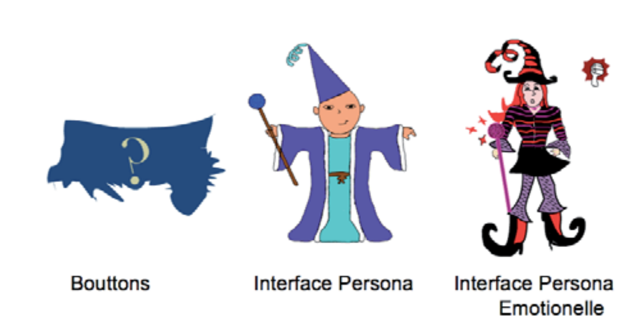


Figure 3 : trois systèmes d'aide

Dans la *DividingQuest*, nous avons utilisé trois représentations pour le système d'aide (cf. Figure 3) : une interface uniquement basée sur des boutons à cliquer, une interface avec un personnage, et une interface avec un personnage exprimant des émotions. L'interface émotion-

nelle combine expressions émotives et couleurs. Pour chaque émotion à représenter, il y a des expressions faciales et corporelles, ainsi qu'une graduation de couleurs des habits du personnage.

Comprendre et Utiliser la Modélisation d'Apprenant et d'Apprentissage

Notre deuxième didacticiel mathématique, *Multipliotest*, a été développé avec l'aide d'enseignants et d'élèves français. Il contient trois activités permettant d'apprendre à multiplier et de réviser les tables de multiplications.

La figure 4 illustre les différentes représentations du modèle de l'apprenant dans le logiciel multiplio : deux vues du modèle de l'apprenant (partie gauche), ainsi que les trois types d'interfaces générées par le logiciel (partie droite).

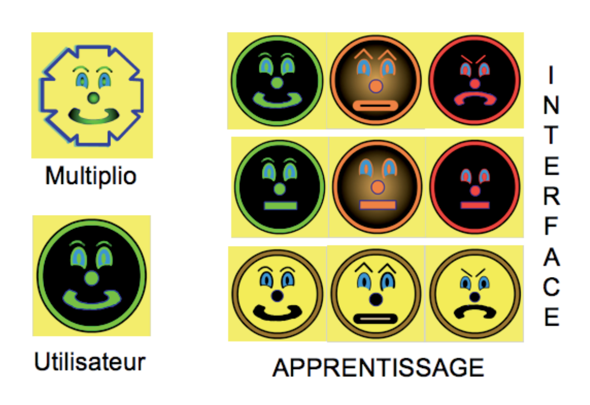


Figure 4 : Deux modèles d'apprentissage, trois interfaces…

Le didacticiel contient deux vues du modèle de l'apprenant, présentées à l'élève au moyen de deux personnages:

1. *Multiplio* : ce que le système et/ou le professeur pense du niveau de l'apprenant en multiplications
2. *Utilisateur (Moi)* : ce que l'utilisateur pense savoir faire

Le logiciel contient trois interfaces utilisateur distinctes dans la représentation des émoticônes : expressions faciales (en bas), couleurs (milieu), ou couleurs *et* expressions faciales (interface du haut). Nous avons utilisé ce logiciel dans une classe française de niveau CE2. Les enfants ont été observés lors de leur manipulation à l'aide de grilles de codification de comportement. Nous cherchons à évaluer le lien entre les deux métaphores d'apprentissage ainsi que leur effet sur la manipulation du modèle d'apprenant par les enfants, leur motivation, et leur suivi d'apprentissage.

RESULTATS PRELIMINAIRES

La *DividingQuest* et *Multipliotest* ont été développés afin de servir non seulement de logiciels éducatifs, mais également de plateforme d'évaluations expérimentales. Les logiciels contiennent deux types de personnages interactifs en fonction de l'âge des participants : des émoticônes (*Multipliotest*), et des personnages humanoïde (*DividingQuest*). Des tests préliminaires ont effectivement montré que les personnages s'assimilant à des humains étaient plus attractifs pour la tranche d'âge d'utilisateurs de 9 à 11 ans, les émoticônes « faisant trop bébé ».

À chaque utilisation du logiciel, les enfants complètent un test mathématique lié aux activités de l'application, ainsi qu'un questionnaire avant et après chaque session d'enseignement. Les questionnaires évaluent le développement de leur métacognition (*DividingQuest*) et leur expertise du modèle d'apprenant qui leur est propre (*Multipliotest*). Enfin, des données quantitatives sont récupérées concernant leur choix d'apprentissage lors de la session, ainsi que leur progrès. L'utilisation du logiciel par les enfants est également évaluée par des observateurs au moyen de grilles de comportement. Les résultats en terme d'apprentissage de l'utilisation des différentes interfaces dans les deux logiciels sont en cours d'analyses.

Nos premières observations ont montré que les enfants anglais comprennent parfaitement le concept de cibles pédagogiques avec le système des feux de signalisation. Ils sont plus sûrs de leur niveau d'apprentissage, et reconnaissent parfaitement combien de questions ils doivent « avoir juste » pour finir chaque niveau de la *DividingQuest*. Les enfants travaillant avec l'interface émotionnelle de la *DividingQuest* semblent avoir une meilleure idée de ce qu'ils veulent faire pour mieux apprendre à diviser, et sont plus attentifs, demandant plus l'aide du personnage lorsqu'ils ne réussissent pas.

Les enfants français ayant utilisés le didacticiel *Multipliotest* semblent également profiter des interfaces émotionnelles : les enfants sont plus contents lorsque Multiplio les félicite, ils veulent travailler plus longtemps sur les activités. L'interface utilisant la combinaison des deux métaphores a également induit plus de comportements où les enfants voulaient prouver leur savoir au logiciel, tels que « Si, je sais ma table de 1 par cœur, je vais le prouver à Multiplio ! ».

CONCLUSION

Nos premières observations lors du développement, de l'évaluation et de l'utilisation de nos deux didacticiels montrent l'utilisabilité de métaphores d'apprentissage colorées dans l'élaboration de didacticiels pour enfants donnant accès au modèle de l'apprenant à l'utilisateur.

Les tests utilisateurs réalisés sur des enfants français de 7/9 ans et anglais de 9/11 ans ont montré une bonne compréhension des deux métaphores d'apprentissage utilisées. Dans le futur, nous souhaitons compléter ces observations en testant la compréhension des enfants an-

glais de 7/9 ans et français de 9/11 ans afin d'effectuer des comparaisons par groupe d'âge.

L'influence sur l'apprentissage de l'utilisation de ces métaphores dans la conception de modèle de l'apprenant est en cours d'analyse en ce moment. Les premières observations indiquent une amélioration de la compréhension de leur niveau par les élèves ainsi qu'une augmentation de l'intérêt et du temps d'attention pour les enfants ayant manipulé les interfaces présentant les deux métaphores d'apprentissage.

Les résultats des tests utilisateurs menés sur la *DividingQuest* et *Multipliotest* devraient nous permettre d'établir un certain nombre de recommandations concernant l'utilisation de couleurs, symboles et formes dans la représentation du modèle d'apprenant dans les logiciels pour enfants.

BIBLIOGRAPHIE

1. Chaffar, S., Frasson , C. Using an Emotional Intelligent Agent to Improve the Learner's Performance . Workshop on Emotional and Social Intelligence in Learning Environments. International Conference on Intelligent Tutoring System (ITS), Maceio , Brasil, September 2004.
2. Chiasson, S., Gutwin, C. (2005). *Design for Children's Technology*, HCI-TR-2005-02
3. De Lera, E., Garreta, M., Ten Emotion Heuristics: Guidelines for assessing the user's affective dimension easily and cost-effectively. Emotions in HCI workshop, British HCI 2007
4. Diaper, D. and Sahithi, P. S. 1995. Red faces over User Interfaces: what should colour be used for?. In Proceedings of the Hci'95 Conference on People and Computers X (Huddersfield, United Kingdom). M. A. Kirby, A. J. Dix, and J. E. Finlay, Eds. Cambridge University Press, New York, NY, 425-435.
5. Dimitrova, V., McCalla, G. & Bull, S. (2007). Open Learner Models: Future Research Directions (Preface to Special Issue of the IJAIED Part 2), International Journal of Artificial Intelligence in Education 17(3), 217-226.
6. Girard S., « Towards promoting meta-cognition using emotive interface personas within Open-Learner Modelling Environments », In *Young Researchers' Track proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education 2007*, Los-Angeles, CA
7. Hanna, L., Risden, K., and Alexander, K. 1997. Guidelines for usability testing with children. interactions 4, 5 (Sep. 1997), 9-14
8. Michel, G., Jobert, M., Delcourte, C., Boulakfouf, S., Dibon, A., Petit, G. (2006). Ergonomie des logiciels éducatifs pour enfants déficients intellectuels : l'importance des émotions. Ergo IA, Biarritz, les 11-13 octobre 2006.
9. Tricot, A., Détienne, F., & Bastien, J.M.C. (2003). Recherches en psychologie ergonomique : Introduction. *Psychologie Française*, 48, (3),1-8.

Conception et évaluation d'une interface de travail coopérative pour des contrôleurs aériens

Vincent Kapp
DSNA/DTI – 7, av. Edouard-Belin
31055 Toulouse Cedex
vincent.kapp@aviation-civile.gouv.fr

Marie-Pierre Rousselle.
Bertin Conseil
Burolines Rue Marcel Doret
31700 BLAGNAC
rousselle@bertin.fr
marie-pierre.rousselle@cena.fr

RESUME

Cet article présente les travaux relatifs à un projet de R&D de la DSNA (Direction des Services de la Navigation Aérienne) nommé ASTER (acronyme signifiant Assistant pour les Secteurs TERminaux). Dans un premier temps nous proposerons de présenter le contexte dans lequel ce projet a été initié, les principes et la philosophie générale du produit ainsi que la méthodologie de conception. Le papier s'attachera à décrire des expérimentations menées début 2008 dont l'objectif était de réaliser des évaluations comparatives de deux configurations pour la position du contrôleur organique et de la qualité de la coopération associée aux deux configurations. Une première synthèse de certains résultats qualitatifs sera présentée et permettra d'ouvrir la discussion.

MOTS CLES : Interactions directes, interaction au stylet, conception participative, coopération, contrôle aérien.

ABSTRACT

This article adress a study related to a R&D project of the DSNA called ASTER (Assistant for TERminal Sectors). Firstly we will present the context in which the project was initiated, the principles and the general philosophy of the product as well as the methodology of design. The paper will describe experiments that were carried out at the beginning of 2008 whose objectives were to perform comparative evaluations of two configurations for the planning controller position and the associated level of cooperation quality. A summary of some of the qualitative results will then be presented and discussed.

KEYWORDS : Direct interactions, pen based interaction, participatory design, Air Trafic Control.

INTRODUCTION

La mise en œuvre du projet ASTER répond à la volonté de concevoir un environnement de contrôle électronique adapté à l'activité des contrôleurs aériens en secteurs Terminaux. Jusqu'ici en effet, les efforts avaient portés essentiellement sur des outils d'aide adaptés aux secteurs en-route plus classiques (basés sur des modèles cognitifs).

L'activité des contrôleurs aériens en secteurs terminaux

Les secteurs Terminaux sont des secteurs qui englobent les plates-formes aéroportuaires les plus importantes en terme de mouvements d'avions. On peut citer bien évidemment la région Parisienne, Nice, etc.

En général, la gestion du trafic dans les secteurs Terminaux est plus complexe que dans des secteurs « standards ». Le trafic est en effet plus dense et plus évolutif. De plus, en cas de saturation des aéroports, des régulations de trafic sont imposées. Ces dernières ajoutent des contraintes fortes sur les opérateurs qui n'ont d'autre choix que de les intégrer (notamment par la mise en œuvre de circuits d'attente, délicats à gérer).

Les contrôleurs ont pour tâche d'amener les avions sur des points appelés IAFs (Initial Approach Fixes) avec une vitesse et un niveau imposés et espacés entre eux de façon à ce que les contrôleurs suivants (les contrôleurs d'approche) puissent guider les vols dans les derniers miles de leur route, jusqu'au moment de l'atterrissage. Le lecteur pourra se référer à la ***Figure 1*** ci-dessous pour avoir une idée de la façon dont les IAFs (en l'occurrence les points MERUE, BSN et SUSIN) desservent un aéroport (ici l'aéroport de Roissy-Charles Gaulle).

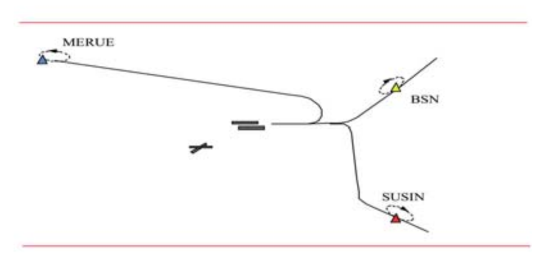


Figure 1*: Configuration des IAFs pour les arrivées Roissy-Charles de Gaule*

Sur un secteur de contrôle, deux opérateurs travaillent simultanément: le contrôleur radariste et le contrôleur organique. Le contrôleur radariste est seul à la fréquence avec les avions dont il est responsable. Chaque avion est matérialisé par un strip papier sur lequel le contrôleur trouve des informations propres à cet avion et notera sur ce strip tout au long de la traversé de cet avion dans son secteur l'ensemble des instructions de contrôle (appelé clairance) données. Le contrôleur radariste par l'intermédiaire de ces clairances peut agir directement sur ces derniers afin de séquencer et réguler, ce qui correspond à devoir mettre les avions dans un certain ordre, les uns derrière les autres avec une séparation de 8 nautiques entre chaque. Le contrôleur organique prépare les avions en entrée pour son collègue radariste en négo-

ciant avec les contrôleurs des secteurs adjacents. Il est informé de l'arrivée d'un avion assez tôt pour lui permettre de détecter des conflits en amont et d'assister son collègue dans sa tâche.

La description des tâches selon les rôles au sein de la position de contrôle rend compte du caractère très coopératif de l'activité. Dans la réalité, l'indétermination et la richesse des contextes imposent aux opérateurs un partage opérant des représentations et donc un niveau de coopération élevé. Ce point est très important lorsque, comme c'est notre cas, nous nous attachons à concevoir un nouvel environnement de contrôle, censé faciliter les processus mis en œuvre pour réaliser les tâches.

Nous présentons ci-dessous l'environnement actuel des contrôleurs tels que l'on peut le voir en salle de contrôle :



***Figure 2** : Position contrôleur radariste en secteurs terminaux*

Sur la *Figure 2*, qui correspond à la photographie d'une position de contrôleur radariste, on peut voir complètement à la droite de l'opérateur un écran qui correspond en haut à un outil d'aide pour la construction des séquences. En dessous, deux écrans tactiles permettent de configurer l'image radar et d'accéder aux fonctions de communication (fréquences VHF et chaine téléphonique). L'image radar est située face à l'opérateur, à noter que contrôleurs radaristes et organiques ont chacun accès à l'image radar via un écran dédié, contrairement au tableau des strips papiers, placé devant l'opérateur, qui n'existe qu'en un seul exemplaire et « partagé » par les deux contrôleurs (bien que préférentiellement attribué au contrôleur radariste, il reste un artefact essentiel pour la coopération).

Principes de l'environnement électronique ASTER

L'analyse de l'activité des contrôleurs en secteurs Terminaux permet de mettre en lumière un certain nombre d'enseignements :

- l'évolution sur le plan vertical d'un vol est l'aspect le plus incertain pour l'opérateur. Il existe en effet une grande dispersion des taux de montée et de descente, difficilement réductibles au type avion ou aux performances associées.
- Le nombre de clairances données dans ce type de secteur est plus élevé que ce qui peut être observé sur un secteur « classique ». De plus, on observe sensiblement plus de clairances multiples, à savoir des instructions constituées de plusieurs clairances élémentaires (par exemple donner simultanément une clairance de niveau et de réduction de vitesse).

Ce dernier point amène à revenir sur les choix d'interactions associés aux saisies de paramètres sur les positions de contrôle précédentes (souris et menus déroulants). Un outil déjà en étude au sein de la DTI à l'époque démontrait un potentiel en terme d'efficacité des saisies : l'outil Digistrip. ASTER en a repris la philosophie en terme d'interaction ; notamment les principes de manipulations directes sur des strips électroniques et l'application de principes issus de la cognition située.

En ce qui concerne les difficultés associées à la construction d'une représentation de la situation dans le plan vertical, et de façon plus générale sur la construction de l'image mentale du trafic, le deuxième principe défendu consiste à faciliter ce processus cognitif très coûteux. Du fait que l'environnement actuel ne fournisse qu'une image en deux dimension sur le plan horizontal de la position de l'avion tandis qu'une valeur numérique donne l'information du niveau de vol, le traitement de la séparation verticale entre des vols ne peut se faire que de façon logicomathématique. De ce fait, pour fournir un support au processus de perception, une visualisation directe du trafic sur un plan vertical a été proposée comme partie intégrante de l'environnement ASTER.

Un autre principe essentiel de l'outil est de reprendre un maximum d'acquis (à savoir permettre la reconductions d'automatismes efficaces dans l'activité actuelle) par l'application de métaphores lors de la conception en minimisant les changements a priori dans l'activité tout en favorisant (par la flexibilité de l'outil) l'émergence de nouvelles pratiques.

PROBLEMATIQUE COOPERATION ENVIRONNEMENT CONTROLE ELECTRONIQUE

L'utilisation de l'outil Aster induit des transformations du point de vue de l'activité et donc des représentations partagées au sein du binôme de contrôleurs sur la position.

Sur une position de contrôle, un certain nombre d'informations échangées contribuent à la qualité de la coopération et permettent la construction d'un environnement cognitif commun. La compréhension mutuelle de la situation dépend de la quantité et de la qualité de l'information partagée, des méthodes de contrôle et de l'expérience des contrôleurs.

Dans l'optique d'être en mesure d'évaluer des options de design d'un point de vue de la coopération, il est important de mieux comprendre le processus de partage d'informations contextuelles. Les informations contextuelles consistent en différents éléments caractérisant la situation : plans de vol, historique des actions, intentions des pilotes, coordination inter-secteur, caractéristiques des outils mis à disposition, etc.

Il existe deux types de contexte mutuellement partagé selon Sperber & Wilson [6] :

- L’Environnement Cognitif Partagé (*ECP*), qui est l’intersection des faits manifestes des agents individuels

- L’Environnement Cognitif Mutuel (*ECM*), qui est la représentation dans un ECP, des autres agents porteurs du même ECP (Dans son ECM, les agents savent que les autres savent ce que tous savent !)

Dans l’ECP, les individus n’ont pas forcément connaissance de l’environnement qu’ils partagent avec les autres. Dans l’ECM ils ont cette connaissance, ou croient l’avoir : il peut y avoir des distorsions ou écarts entre l’ECP d’un individu tel que supposé par un autre agent de son environnement, et son ECP réel. De cet écart peuvent naître des dysfonctionnements.

La notion d’ECM étant exhaustive, nous reprendrons la notion de *contexte partagé* proposée par Zouinar et Salembier [8]. Cette notion désigne une instance particulière d’un ECM : celle dont seuls les événements relatifs à l’activité des agents et potentiellement pertinents sont retenus.

Dans l’ECM, chacun des éléments du contexte partagé n’a pas le même poids pour chaque agent, ou pour l’ensemble des agents : il s’agit du ***degré de manifesteté*** d’un événement.

3 modes de constitution d’un ECM existent :

Partage des ressources artefactuelles : supports matériels de représentation à destination des agents ;

Observabilité mutuelle des actions : possibilité laissée par l’environnement de percevoir l’activité des autres, et donc de maintenir une attention « flottante ». Cette attention est non-planifiée, non-intentionnelle, et dépend des circonstances ;

Communication intentionnelle : *action communicative* (verbale ou non) d’un agent visant à rendre manifestes (inférables, perceptibles) ses intentions à un plusieurs autres agents qui sont en mesure de la percevoir,

Les agents construisent un contexte partagé sur ces trois modes lorsqu’ils sont capables de construire une représentation des faits véhiculés, et d’accepter cette représentation comme vraie ou probable [6].

La notion de capacité soulignée ici est très importante : c’est elle qui permet de savoir ce qui dans l’environnement des agents fait partie ou non de leur contexte partagé, selon que chacun d’entre eux peut, ou non percevoir, ou se représenter les événements.

Dans le contexte d’activité étudié, les ressources artefactuelles (l’écran, les strips papiers, la souris, le stylo etc.), l’observabilité mutuelle des actions (écrire sur un strip, déplacer ses strips, prendre son téléphone, etc.) et la communication intentionnelle, constituent une source d’information contextuelle précieuse parce qu’elles sont accessibles aux deux contrôleurs aériens. En effet, le contrôleur organique et le contrôleur radariste partagent l’information accessible par ces sources. Dans le cas de notre étude, les strips électroniques et les modes de saisies d’information sont d’importantes sources d’information contextuelle. Le modèle de coopération que nous présentons souligne l’importance de la qualité du design des artefacts pour une utilisation sûre et efficace.

Chercher à mesurer la « qualité d’une coopération », c’est chercher à savoir si les éléments du contexte mutuellement partagé essentiels à l’activité considérée sont manifestes pour tous les agents pour qui ils doivent l’être. Le degré de manifesté d’un événement permet de mesurer si un événement est effectivement manifeste pour un agent donné. On sait ainsi quels sont les événements qui font probablement partie du contexte mutuellement partagé des contrôleurs : ceux dont le degré de manifesté est le plus fort. Le degré de manifesteté d’un certain nombre de variables dépendantes lors d’évaluation d’un prototype par exemple est un élément essentiel du processus de coopération. Nous ne retiendrons qu’un nombre restreint de paramètres dont on se proposera de mesurer la manifesteté effective (pour des raisons de coûts et de délais). Le modèle de la coopération sur lequel nous nous appuyons va néanmoins pleinement inspirer certaines des orientations lors du travail de conception.

CONCEPTION PARTICIPATIVE APPLIQUEE AU PROJET ASTER

Principes généraux

L’objectif de la conception est de partir d’un environnement de travail initialement mono-contrôleur et de le faire évoluer pour permettre de supporter un travail en binôme. Dans cette optique, une démarche de conception participative fut proposée et dont on peut en donner certains des grands principes :

- l’utilisateur est impliqué à toutes les étapes de la conception. Il participe notamment à définir les critères d’évaluation qui seront utilisés lors des évaluations du prototype,

- les concepteurs se placent délibérément dans une situation d’usage en s’appuyant sur des scenarios de travail.

Une équipe multidisciplinaire (informaticiens, spécialistes en architecture système, en IHM, designers et ergonomes) est créée dans une logique de triangulation. [4].

Conception participative appliquée au projet ASTER

L’enjeu auquel le processus de conception tente de répondre est de faire évoluer le produit ASTER, initialement conçu comme un produit pour un utilisateur unique, vers un produit utilisable en situation de travail collaboratif. Le système est ainsi conçu dans l’optique de permettre la communication, la coordination et la collaboration entre agents.

Dans un premier temps, des observations en salle et une analyse de l’activité, réalisées conjointement avec des entretiens avec des contrôleurs, permet de décomposer les processus de coopération en activités types élémentaires ; à priori dimensionnantes :

- Intégration des vols par le contrôleur organique,

- Intégration des vols par le contrôleur radariste,

- Préparation par le contrôleur organique,

- Coordinations, etc.

Pour un thème donné, un ou plusieurs scénarios de travail sont réalisés ; ces derniers sont mis au point par des ergonomes avec l'assistance de contrôleurs aériens . Ces scénarios sont puisés dans des exemples issus de situations d'activité réelle. Dans le processus mis en œuvre pour le projet ASTER, à partir d'un thème de travail nous partons d'idées assez générales pour obtenir assez rapidement un premier prototype à partir duquel les itérations sont envisagées. Ces dernières permettent d'aborder des problématiques plus ciblées.

Les scénarios sont présentés en introduction lors de séances de conception dans le cadre d'ateliers dédiés. Ces derniers ont notamment pour fonction de guider et de borner le processus de conception en restreignant l'espace de productions des idées dans un périmètre défini et contrôlable. Des techniques de brainstorming classiques sont utilisées pour favoriser cette production ; pour plus de précision on pourra se référer à [1]. Une fois toutes les idées notées et les participants en ayant pris connaissance, ces dernières sont classées. Les premières appréciations (qualitatives) permettent de réaliser un premier filtre. Ce classement permet de constituer des groupes de travail chargés de discuter les premières idées retenues et de proposer des options de conception dans le cadre du scénario initialement présenté. Pour ce faire, des maquettes papiers (*Figure 3* ci-dessous) ou des story boards (un exemple de story-board est donné plus loin dans l'article sur la *Figure 5*) sont réalisées et permettent de se faire une idée un peu plus concrète des options discutées



Figure 3 *: Utilisation de prototypes papiers en phase de conception*

A l'issu de cette phase de travail, des story-boards sont réalisés qui permettent de présenter les scénarios de conception à l'ensemble des participants et de garantir la mémoire des travaux réalisés au fur et à mesure (un exemple de story-board est donné plus loin dans l'article sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). A noter, bien que ce papier ne le détaille pas, que des méthodes de « design rationale » relativement simplifiées ont également été utilisées. "Les buts d'une telle approche sont d'accroître la qualité finale des systèmes conçus et la réutilisabilité des informations archivées lors d'une conception pour de futures conceptions", pour plus de précision, le lecteur ou la lectrice pourra se reporter à [3], notamment sur le premier chapitre qui introduit ce type de technique.

Ce travail permet de réaliser un prototype, qui sera évalué eu regard d'un certain nombre de critères.

Exemple de conception : intégration des vols par le Contrôleur radariste

Une première itération de la plate-forme de simulation avait permis de traiter le problème de l'intégration des vols par le contrôleur organique. A l'issue de ce travail, un prototype a pu être réalisé qui comporte un certain nombre de fonctionnalités nouvelles, dont une goulotte d'intégration des vols. Cette dernière peut être vue dans la 4 ci-dessous en haut à droite de l'interface présentée sous la forme d'un cartouche contenant 4 mini strips.

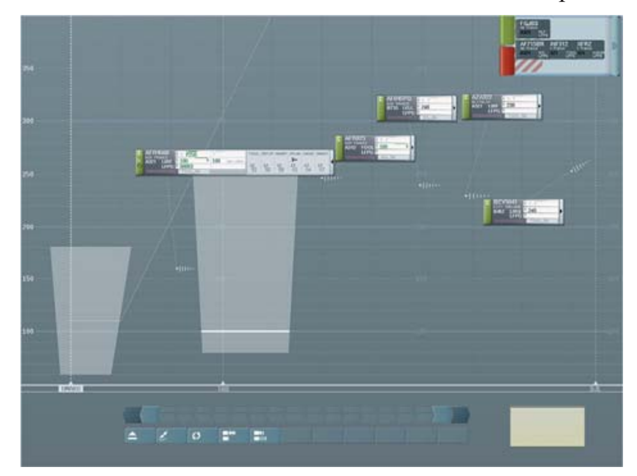


Figure 4 : *Premier prototype ASTER*

Ce prototype a fait l'objet d'une première campagne d'évaluations avec des contrôleurs aériens dans l'optique de traiter deux thématiques :

- l'intégration par le contrôleur organique des strips, dont les options de design avaient fait l'objet d'un travail de conception spécifique et suivant la méthodologie exposée ci-dessus,

- l'intégration par le contrôleur radariste des strips, dans ce cas un premier travail d'analyse avait permis de définir des premières propositions et d'en développer les fonctionnalités associées.

A l'issue de ces évaluations, le prototype a démontré une grande fiabilité quant à ce qui touche à l'intégration des strips par le contrôleur organique. Les évaluations des fonctionnalités d'intégration associées au contrôleur radariste ont quant à elles mis en lumière un certain nombre de problèmes, tels que l'oubli de certains vols, de demandes répétées de présentation d'un strip a priori déjà passé par le contrôleur organique, etc.

Ces résultats ont motivé la mise en œuvre d'un nouveau cycle de conception. Dans cette optique, un scenario de travail a été mis au point. Ce dernier, obtenu à partir des résultats d'évaluation et d'observations en situation, souligne et contextualise les difficultés opérationnelles relatives à l'intégration des vols.

Le scenario illustre une mauvaise intégration d'un vol par le contrôleur radariste. Du fait d'une incompréhension sur une coordination précédente (impliquant un avion de la même compagnie aérienne), le radariste cherche un vol à partir d'informations partiellement erronées. Au niveau de la coopération, la difficulté tient notamment au fait que pour le contrôleur organique le strip du vol correspondant a été donné au contrôleur radariste depuis plusieurs minutes et qu'il pense qu'il a déjà été intégré, il lui faut donc un certain temps avant de pouvoir s'entendre avec son collègue et de l'aider à trouver le vol en question (distorsion entre ECP, cf. partie théorique précédente).

Ce type de scenario est à la base de toute la session de brainstorming qui suit, avec l'objectif de construire un environnement électronique à même d'empêcher ou de réduire la fréquence d'apparition d'un tel scénario.

L'étape de brainstorming a permis la génération d'un grand nombre d'idées dans le contexte du scénario de travail ; les plus intéressantes étant affichées sur un panneau et discutées. Parmi les idées qui furent traitées ont peut citer quelques exemples :

- considérer plusieurs modalités pour le transfert des strips de la position contrôleur organique à radariste,

- l'environnement doit permettre à l'organique non seulement de faire passer des strips électroniques mais de faire passer également un niveau d'urgence pour la prise en compte par le radariste,

- prévoir un feedback pour l'organique afin de lui donner l'information des strips intégrés par le radariste,

-considérer une zone commune d'intégration sur chaque écran tactile qui se comporterait comme une zone partagée. Tout action réalisée par un contrôleur est perceptible par son collègue, etc.

Dans la méthodologie de conception nous avons légèrement adapté le rôle des maquettes papier et nous avons par contre ajouté un nouvel outil de conception : le story-board. Le story-board, à la façon dont les studios de cinéma l'applique depuis de nombreuses décennies, raconte le scénario de conception (à savoir la transposition du scénario de travail initial dans l'environnement futur) sous la forme d'images séquentielles, voir la *Figure 5* ci-dessous. Dans cette conception, les maquettes deviennent des outils intermédiaires permettant à des participants de discuter les idées et de produire les story-boards.

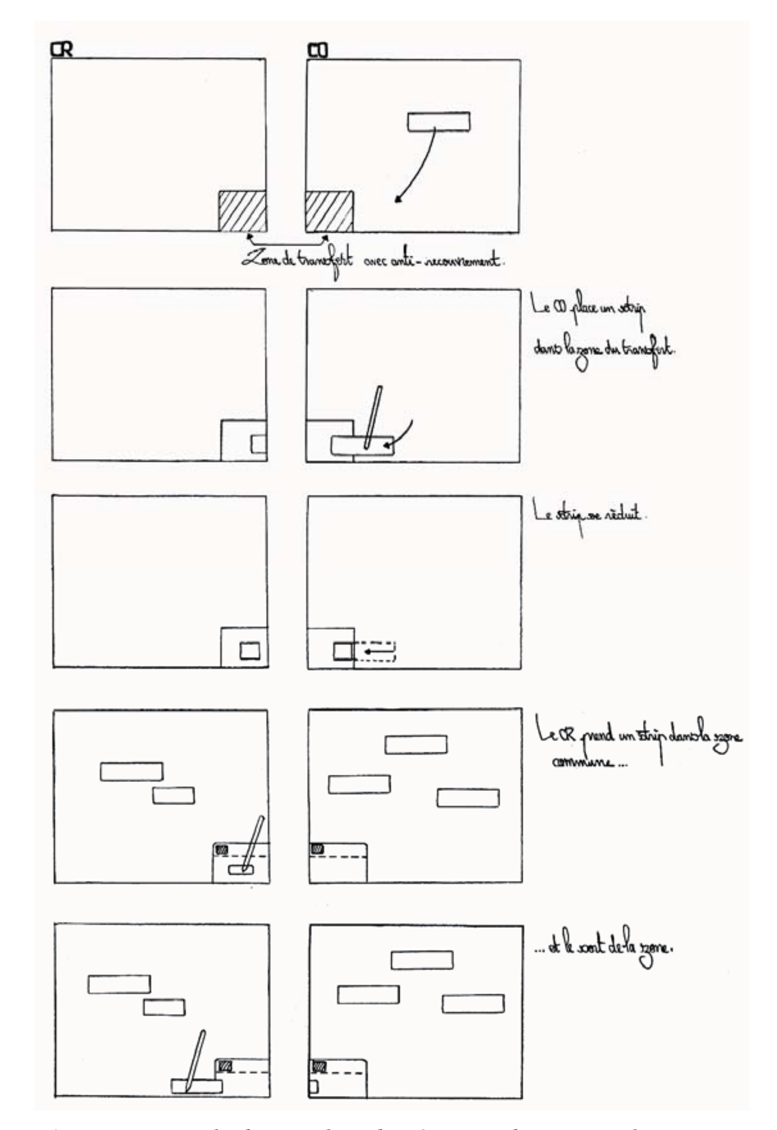


***Figure 5 :** Exemple de story-board intégration du strip par le CR*

Le story-board ci-dessus illustre une option de design qui a effectivement fait l'objet d'un développement pour répondre aux exigences de l'intégration des vols. Ce dernier illustre assez nettement une zone disponible sur les deux écrans des contrôleurs et dont le comportement et l'affichage en est partagé. La séquence d'image montre comment un strip électronique, une fois intégré par le contrôleur organique, peut être inséré dans la zone commune. Un feedback permet à ce dernier de savoir que le strip est en attente d'intégration. Lorsque le contrôleur radariste récupère le strip de la zone d'intégration, cette dernière se vide sur les deux affichages.

DE LA CONCEPTION AU DEVELOPEMMENT DU PROTOTYPE ASTER

Comme ce qui a été présenté dans le story-board cité en exemple (cf. *Figure 5***Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), quelques idées illustrées par ces story-boards ont semblé être plus adaptées aux contraintes de l'activité que d'autres. Faisant suite à l'étape précédente, des réunions avec des ergonomes et des développeurs ont été organisées afin de discuter chaque story-board d'un point de vue opérationnel et technique. A l'issu de

ce travail, il nous a été possible d'envisager une position de travail pour le contrôleur radariste complète et a priori cohérente. Du point de la position du contrôleur organique par contre il nous a été possible de réunir un certain nombre d'options concurrentes que nous n'avons pu comparer a priori au cours des séances. Ce constat a profondément orienté la suite du projet vers le développement et l'évaluation comparative de deux prototypes différents, présentant une position radariste identique mais deux configurations différentes pour la position organique.

Le développement des prototypes était réalisé quant à lui en deux étapes. La première étape, plutôt sous la responsabilité des ingénieurs et des ergonomes ; avait pour objectif de mettre en œuvre toutes les fonctionnalités, les interactions et les affichages d'information indépendamment des aspects visuels. La deuxième étape, plutôt sous la responsabilité des designers en collaboration avec les ergonomes, avait pour objectif d'augmenter la qualité visuelle de l'interface.





Figure 6 : Positions organiques MONO et DUO concurrentes

Sur la *Figure 6* ci-dessus on peut voir les deux prototypes pour les positions organiques. La position du dessus, également dénommée DUO, permet au contrôleur organique d'avoir tous les strips à chaque instant ; ceux qui ont été intégrés par le contrôleur radariste et ceux en attente d'intégration. La position du dessous, dénommée MONO, ne donne au contrôleur organique que ceux en attente d'intégration. Le contrôleur organique peut néanmoins obtenir une copie de l'écran du contrôleur radariste qui se superpose à son écran (partie bleue de l'image) par une action simple sur un bouton en appui continu, ce qui lui permet alors de voir les strips intégrés et classés par le radariste.

EXPERIMENTATIONS ET RESULTATS

Les objectifs expérimentaux consistaient à vérifier l'utilisabilité globale de l'outil ASTER, du fait de sa migration vers des technologies de type Wacom et de comparer les deux positions organiques (MONO et DUO) en tant que supports aux activités coopératives.

Pour cela quatre binômes de contrôleurs ont contrôlé six séquences de trafic en alternant entre position radariste et organique. Trois séquences se sont déroulées en mode MONO et les trois autres en mode DUO.

Les résultats de l'expérimentation sont basés sur un ensemble de données objectives issues de l'enregistrement d'événements IHM (mesure du degré de manifesteté de certains items) et de données subjectives issues de questionnaires. L'expérimentation n'a impliqué que huit contrôleurs ce qui n'autorise qu'un traitement statistique descriptif.

Après chaque séquence de trafic, les contrôleurs remplissaient un questionnaire NASA Task Load indeX Hart, (cf. [7]) afin de donner une valeur à la charge de travail ressentie durant la séquence. Les contrôleurs remplissaient également un SASHA_Q : S.A. for SHApe Questionnaire (le lecteur intéressé par une description plus exhaustive de ces outils pourra se reporter à [2]) qui fournit un indicateur du niveau de la conscience de la situation (« situation awareness »). Les contrôleurs remplissaient un questionnaire à la fin des simulations faites pour chaque mode (MONO et DUO), enfin un questionnaire final suivi d'un débriefing en fin d'expérimentation.

L'analyse des résultats concernant la coopération entre le contrôleur radariste et organique se fait sur la base d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs.
Les indicateurs quantitatifs retenus sont :
- Le temps moyen de présence d'un strip dans la goulotte,
- Le temps moyen de présence d'un strip dans la zone d'intégration,
- Le nombre de strips déplacés dans la zone d'intégration ou directement sur l'interface du radariste,
- Le nombre d'écritures libres réalisées…..

Les indicateurs qualitatifs sont :
- Les résultats du questionnaire SASHA,
- La charge de travail sur la gestion des strip ressentie par les contrôleurs en tant qu'organique,
- La quantité et qualité des échanges d'informations.
Dans le cadre de cet article nous ne présentons que des résultats qualitatifs comparant les deux modes afin d'en mesurer les impact sur la coopération.

Résultats

Le code couleur pour l'ensemble des graphiques présentés est la couleur orange pour les résultats en mode MONO et le vert pour le mode DUO

Les résultats issus du questionnaire SASHA concernent la conscience de la situation du contrôleur pour chaque séquence de trafic jouée en fonction d'un certain nombre de critères.

Les deux graphiques suivant sont des résultats issus de l'ensemble des séquences jouées par les contrôleurs en mode MONO ou DUO. Les réponses étaient choisies parmi une échelle graduelle comprenant sept choix de réponses présentées en abscisse sur les graphiques suivants (dans l'ordre « jamais », « rarement », « parfois », « souvent », « assez souvent », « très souvent » et « tout le temps »).

La figure 8 représente graphiquement les résultats des contrôleurs à la question suivante : « Dans la période de travail précédente, vous étiez devant le trafic…. »

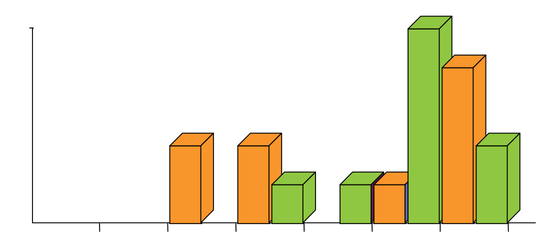


Figure 7: Comparatif DUO et MONO (gestion du trafic)

La figure 8 nous montre que les contrôleurs ont sensiblement une meilleure sensation de devancer le trafic en mode DUO que MONO

La figure 9 représente graphiquement les résultats des contrôleurs à la question : « Dans la période de travail précédente, vous avez pu organiser et planifier votre travail de la façon dont vous l'entendiez…. »

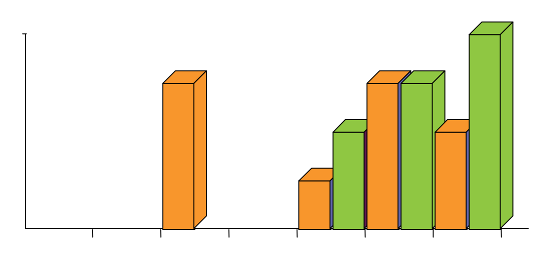


Figure 8: Comparatif DUO et MONO (organisation du travail)

La figure 9 nous montre que les contrôleurs ont l'impression que le mode DUO leur permet une meilleure organisation et une planification plus aisée de leur tâche.

Pour la suite, nous nous proposons de présenter les résultats des questionnaires passés en fin de séquence de trafic joués en mode MONO et DUO. Ces derniers évaluent la charge de travail ressentie pour la gestion des strips pour les contrôleurs organiques, ainsi que leur appréciation sur les échanges verbaux entre contrôleur radariste et organique durant les séquences de trafic.

Les figures 10 et 11 représentent graphiquement les résultats des contrôleurs à la question : « La gestion des strips vous a-t-elle paru être une charge de travail ? » dans les deux modes.

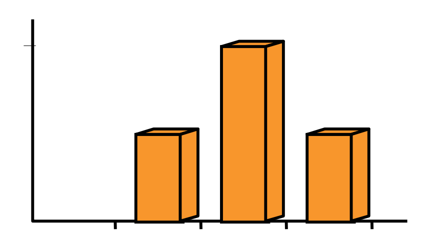


Figure 9: Gestion des strips en mode MONO

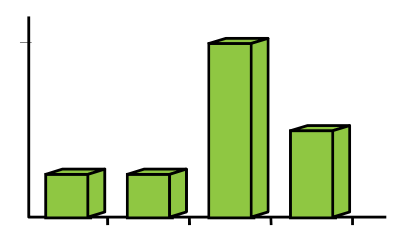


Figure10: Gestion des strips en mode DUO

Les résultats sur la charge de travail ressentie par la gestion des strips ne montrent donc pas de différence entre les deux modes.

Le dernier résultat présenté concerne le ressenti des contrôleurs sur la quantité d'informations verbales échangées. La figure 12 et 13 représente graphiquement les résultats des contrôleurs à la question : « Avez-vous la sensation d'avoir eu beaucoup d'échanges verbaux d'information avec le contrôleur radariste ? » et répond à Hypothèse 1.1

Plus les verbalisations sont importantes, moins l'interface permet la coopération implicite

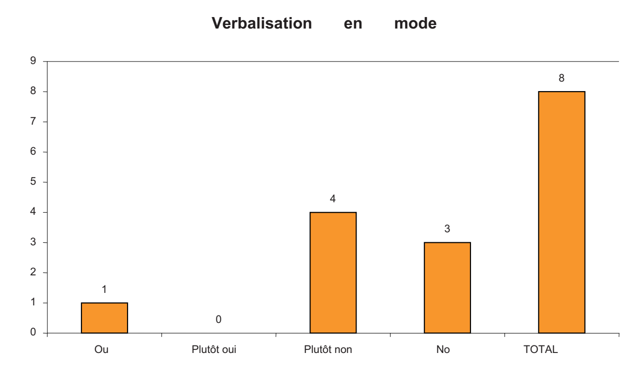


Figure 11 : Echanges verbaux entre CR et CO en mode MONO

7 contrôleurs sur 8 n'ont pas la sensation d'avoir beaucoup d'échanges verbaux. Sur ces 7 contrôleurs 6 ont fait la remarques qu'il y avait autant ou moins de communication verbale qu'en réelle mais plus d'informations partagés et communes.

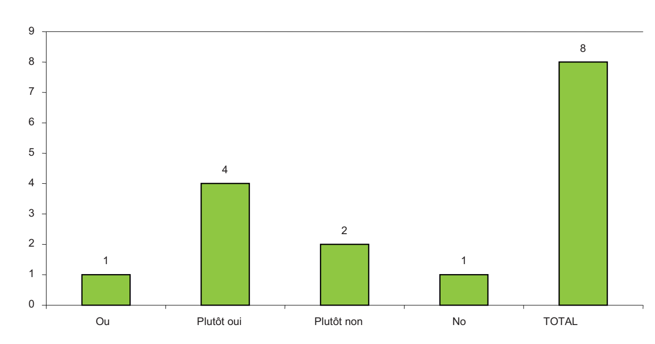


Figure 12 : Echanges verbaux entre CR et CO en mode DUO

En mode DUO, 5 contrôleurs sur 8 pensent avoir eu beaucoup d'échanges verbaux avec le contrôleur CR. Sur les 4 contrôleurs qui ont répondu plutôt oui ; 3 ont fait la remarque d'un taux de communication verbal similaire au réel.

Les résultats tendraient à montrer que selon l'hypothèse 1.1 le mode DUO augmenterait la communication implicite par le biais du système et de la redondance permanente des informations chez le CO et le CR.

Une première analyse des résultats qualitatifs tend à montrer de meilleurs résultats en mode DUO que MONO mis à part les résultats sur la quantité d'informations échangées. Cela peut paraitre surprenant dans le sens où le mode DUO présente moins d'analogies avec leur environnement actuel.

Néanmoins, il demeure nécessaire de continuer à approfondir les résultats qualitatifs par l'analyse des commentaires donnés par les contrôleurs ainsi que les résultats quantitatifs liés aux événements IHM réalisées lors des expérimentations.

Un résultat très important porte sur la sensation générale des contrôleurs de partager plus d'informations et de meilleure qualité en environnement électronique. La lisibilité des informations, les interactions et les feedback associés aux informations saisies et nécessaires aux deux positions nous permettent de penser qu'en terme de coopération nous diminuons le nombre de verbalisations explicites, ce qui diminue le nombre d'interruption de tâche auquel est sujet le contrôleur radariste, tout en augmentant le nombre d'information clairement partagée.

CONCLUSION

Le processus de conception proposé dans cet article souligne l'importance de la connaissance de l'activité et de la réalisation d'itérations assez courtes entre deux prototypes. Nous avons proposé de légères adaptations du cadre méthodologique de base par l'emploi de story-boards comme medium efficace pour illustrer les scénarios de conception et comme moyen de renforcer la compréhension commune et l'adhésion des participants aux objectifs du projet. Dans la mesure où l'introduction de n'importe quel nouvel outil dans un contexte d'activité transforme cette activité (ce fait étant d'autant plus vrai que l'on considère des fonctionnalités « innovantes »), les hypothèses de travail se doivent d'être vérifiées par des évaluations expérimentales. Les évaluations que nous avons présentées sont en passe de nous permettre de consolider un environnement électronique abouti et qui servira de référence pour l'intégration de nouveaux outils et/ou concepts.

Pour finir, si nous devions nous placer un jour dans un contexte autre que de R&D (si nous devions par exemple proposer un outil destiné être installé en salle de contrôle), bien que la démarche en cycles itératifs courts nous parait également pertinente, il faudrait néanmoins ne pas négliger un certain nombre de facteurs sociaux et politiques, dont la présente étude fait l'impasse.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bødker, Nielsen, Graves Petersen, *Creativity, cooperation and interactive design, Proceedings of the conference on Designing interactive systems*: *processes, practices, methods, and techniques*, New York City, United States, 2000, pp. 252-261.
2. Eurocontrol, *The Development of Situation Awareness Measures in ATM Systems;* Eurocontrol. HRS/HSP-005-REP-03.
3. Lacaze, L., *la conception rationalisée pour les systèmes interactifs*, Thèse de doctorat, IRIT France, 2005.
4. Mackay, W.et Fayard, A.L., *Radicalement nouveaux et néanmoins familiers, les strips papiers revus par la réalité augmentée*, Journée IHM 1997, France, 1997.
5. Mertz, Christophe et al, *Pushing the limits of ATC user interface design beyond S&M interaction: the DigiStrips experience*, Napoli, Italy, 3rd ATM R&D Seminar, 2000.
6. Sperber, D., and Wilson, D. *Relevance. Communication and cognition* (2nd edition ed.). Oxford: Basil Blackwell (première édition 1986, Cambridge, MA: Harvard University Press), 1985.
7. Staveland, L.E., *Development of NASA-TLX (task load index): results of empirical and theorical research*. In Human mental worload, Hancock and Meshkati (Eds.), North-Holland, Advances in psychology, 1988, pp. 139-184,
8. Zouinar, M., "Contribution à l'étude de la coopération et du partage d'informations contextuelles dans les environnements de travail complexes", Thèse de doctorat. dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 2000.

Création et valorisation d'une Base de Connaissances dans le domaine spatial

Mario Delail

Centre National d'Etudes Spatiales
18, avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex France
mario.delail@cnes.fr

Abstract. Cet article présente le contexte CNES et la méthodologie mise en place pour créer, développer, gérer et valoriser la Base de Connaissances (BC) de l'entreprise. Cette BC est un élément majeur de la Mémoire d'Entreprise (ME), en effet, c'est grâce à elle que les 100 000 documents et 45 000 références (fin 2007) en ME sont classés automatiquement et qu'il est possible de les valoriser via un moteur de recherche sémantique.
Les différents chapitres traitent le contexte, les aspects conceptuels, les méthodologies, les procédures qui en découlent, la valorisation de la BC à travers la ME et les résultats obtenus.

Keywords: Knowledge Management, KBS Methodology, KBS Application, KBS Valorisation,

CONTEXTE

Le CNES, Centre National d'Etudes Spatiales a obligation légale de verser aux archives de France l'ensemble de la documentation produite par ses salariés.
Pour les documents sur support papier, un gros travail de tri, numérisation, reconnaissance de caractères, codage, indexation, contrôle de qualité et mise en forme sur un support adéquat est en cours pour verser cette documentation aux archives. Plus de 100 000 documents ont été traités, il en reste 400 000 en "retard".
Par ailleurs, nous avons débuté le traitement des documents électroniques : interface avec les GED existantes, tri, indexation, codage…
Afin de valoriser, en interne, ce travail nous avons créé la Mémoire d'Entreprise du CNES.
Une Mémoire d’Entreprise regroupe des connaissances explicites (formalisées) et tacites (non formalisées) capitalisées par les individus au cours de leurs expériences professionnelles. La capitalisation des connaissances permet de transformer les expériences passées en nouveaux moyens de production, de s’inspirer de l’existant pour les projets à venir, elle sert de terreau et est l'un des éléments source d'innovation.
A ce titre, la Mémoire d’Entreprise et à travers elle, la gestion des connaissances, donne une seconde vie aux connaissances formulées dans les documents d’entreprise destinés aux archives, et aux connaissances tacites captées au cours des travaux menés par les cogniticiens avec les experts.
L'application ME se décompose en : le portail des Centres de Documentation et d'Information (CDI), une base de connaissances (BC), des éléments de structuration , l'outil permettant de traiter et de gérer les connaissances, et les outils de développement et de gestion de la BC.
Cet ensemble est fortement évolutif : le contenu, au niveau informations, va passer de 100 000 à 200 puis 300 000 documents et plus de 100 000 références, la BC est enrichie continuellement avec la modélisation de nouveaux métiers ou de nouvelles activités…
La mise à disposition de ces documents, de ces services et de ces liens se fait en utilisant le moteur de recherche de la ME qui est accessible via le portail des CDI du CNES.
Afin d'optimiser la recherche et obtenir un bon niveau de pertinence ce moteur effectue les recherches en sémantique et en plein texte. La recherche sémantique s'effectue à partir d'une Base de Connaissances (BC) qui sert :

1. Au classement automatique des documents en fonction de leur contenu, dans des catégories pré déterminée (arbres de classement).
2. A l'indexation des termes contenus dans les documents en fonction des concepts contenus dans la BC
3. A effectuer les recherches en tenant compte du contexte d'un terme : catégories, domaines et termes associés en plus des synonymes (lexicalisation) et des tournures grammaticales : singulier, pluriel (lemmatisation). De plus, les concepts sont reliés entre eux par des relations qui permettent d'affiner la contextualisation et d'affecter un niveau de pertinence aux documents trouvés. A travers ces relations les concepts forment des réseaux sémantiques. L'un de nos objectifs est de modéliser les métiers du CNES via des réseaux sémantiques.

Le moteur de recherche est lancé par l'opérateur en entrant une requête. Malheureusement cette dernière est parfois trop vague pour que les documents trouvés

soit parfaitement ciblés. Pour aider l'opérateur à améliorer sa requête nous lui donnons la possibilité de l'affiner (de compléter et de préciser sa requête) en lui présentant :

1. le classement des réponses à la requête, ce classement est défini par la structuration (branches, sous branches, arbre de classement) décrite par la suite
2. la distribution thématique des réponses en ensembles (clusters) définis statistiquement sur la base de concepts communs

L'opérateur peut ainsi choisir parmi les éléments d'affinage, c'est à dire naviguer de manière orientée dans le classement automatique des documents, ce qui a pour effet de préciser la requête et de réduire le nombre de documents présenté tout en améliorant leur pertinence.

Il ne s'agit donc pas d'une simple recherche par mot clé car chaque requête est traduite en méta langage puis interprété.

La base de connaissance est l'élément qui donne toute sa richesse à ce type de système basé sur une approche sémantique.

ASPECTS CONCEPTUELS

OBJECTIF

Après avoir vu dans quel contexte nous travaillons, nous allons présenter les éléments méthodologiques (structures, procédures, gestion de configuration, retour d'expérience…) qui nous ont permis de créer une base de connaissances représentative des métiers et activités du domaine spatial.

La BC doit être représentative de tous les domaines cœur de métier du CNES (exhaustivité). De plus, nous devons être capable de la décrire, puis de tracer, valider, améliorer et faire évoluer cette BC.

LE CONTENU DE LA BC

Une Base de Connaissances est un réseau conceptuel composé de concepts, de leurs formes lexicales, et des relations entre ces concepts. La BC est instrumentalisée en fonction de l'outil qui va la supporter. Nous chercherons à être le plus indépendant possible de l'outil, ici KaliWatchServer™ de Arisem/Thalès, et donc à développer et tracer la BC avant son implémentation.

Voici la description des éléments qui sont contenus dans la BC.

Les concepts

Un concept est une représentation mentale d'un objet abstrait ou concret qui permet d'associer un sens aux mots que nous utilisons.

Les règles de lexicalisations

A chaque concept sont associées des formes lexicales qui correspondent aux différentes réalisations du concept dans la ou les langues choisies (anglais et français).

La lemmatisation consiste à associer à une forme lexicale donnée, sa forme canonique, à savoir le masculin singulier pour un nom ou un adjectif et l'infinitif pour un verbe. Puis l'outil associe automatiquement à chaque lemme, l'ensemble des formes fléchies (lexèmes) qui lui correspondent : les formes conjuguées pour un verbe, la marque du genre et du nombre pour les adjectifs et les noms.

Les lexicalisations représentent le point d'interaction entre le document et la requête ou le filtre. Elles jouent, à ce titre, un rôle primordial dans la recherche documentaire.

La contextualisation

Lorsque l'on enrichit la BC en créant de nouveaux concepts, certaines lexicalisations rattachées à ces concepts peuvent être polysémiques (présenter plusieurs sens). Il est possible de lever l'ambiguïté de sens en concaténant à la lexicalisation un autre concept de la BC qui définit le contexte dans lequel est employé ladite lexicalisation. La contextualisation permet de lever les ambiguïtés.

Les concepts ne sont pas en "vrac" dans la BC, ils suivent l'organisation hiérarchique décrite (branches et sous branches) par le biais des domaines.

Les domaines

Un domaine est un espace de travail correspondant à un champ thématique. Il se définit par un ensemble de concepts se rapportant à ce thème. Nous avons créé un domaine spécifique par branches et parfois par sous branche.

Les relations sémantiques

Les concepts du réseau sémantique de la BC sont liés entre eux par des relations sémantiques, créées via l'éditeur graphique.

Pour mener notre analyse nous avons défini quatre types de concepts et quatre concepts "génériques" qui regroupent chacun des types précédemment définis.

- Les concepts de structure sont issus des noms des structures CNES, ils permettent la sélection des documents dont l'en-tête contient le nom de la structure, ils sont représentatifs des activités de la structure. Ils sont liés au concepts générique $StructuresNomDeBranche.
- Les concepts Techniques qui appartiennent aux métier ou activités couverts par la structure, ces concepts généraux sont ambigus, on peut les trouver dans différents métiers, ils doivent donc être contextualisés. Par exemple : on peut utiliser "bande passante" dans les métiers relatifs à l'architecture informatique, ou en télécommunication, ou en traitement bord… Ils sont liés au concepts générique $TechniquesNomDeBranche.
- Les concepts de contextualisation qui vont permettre pour une activité donnée de lever les éventuelles ambiguïtés, c'est à dire que si l'on trouve dans une phrase du document un ou plusieurs concepts

techniques et un ou plusieurs concepts de contextualisation relatifs au même métier le document sera noté comme pertinent pour ce métier. Si le système trouve dans la même phrase d'un document "bande passante" et "informatique" il classera ce document dans la sous branche ArchitectureInformatique. Les concepts de contextualisation ne doivent être définis que dans un seul arbre et nulle part ailleurs dans la BC. Ils sont liés au concepts générique $ContexteNomDeBranche.

- Les concepts Métiers qui caractérisent le ou les métiers que l'on trouve dans cette structure, ces concepts doivent être très "pointus". Ils n'appartiennent qu'à un métier ils sont représentatifs des métiers ou activités de la structure. Ils ne doivent être définis que dans un seul arbre et nulle part ailleurs dans la BC. Ils sont liés au concepts générique $MetiersNomDeBranche.

Le cadre conceptuel étant défini, nous allons voir la méthodologie utilisée pour créer et développer cette BC du CNES.

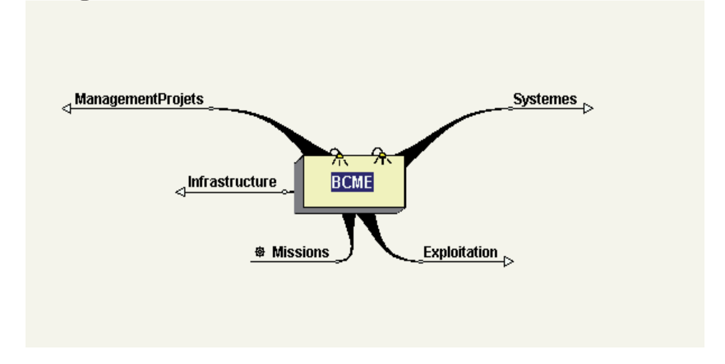
METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA BC CNES

On ne peut créer une base de connaissance sans une organisation rigoureuse et précise, la stratégie que nous avons choisi débute par un découpage et une organisation hiérarchique de la BC en sous ensembles cohérents que nous appellerons branches et sous branches. Pour ce faire nous nous appuyons sur une analyse des documents décrivant l'organisation du CNES : organigrammes, documents d'organisation, nous regroupons et détaillons ces branches jusqu'au niveau métiers et activités en analysant les documents d'organisation, les documents de communication, les notes techniques, les bilans annuels.
Cette approche nous permet de structurer la BC tout en s'assurant de l'exhaustivité.

LA STRUCTURATION DE NIVEAU 1 : LE DECOUPAGE EN BRANCHES PRINCIPALES

Le CNES a toujours été, plus ou moins organisé par métiers ou par activités. La description de ces organisations successives a été conservée dans les organigrammes. Ainsi en utilisant ce support nous respectons l'objectif d'exhaustivité qui plus est, en remontant dans le temps, nous tenons compte d'activités ou de métiers ayant disparus (activités fusées sondes, département électronique générale…).
Cette analyse des organigrammes est complétée par le traitement (fouille de texte) d'un ensemble de documents officiels décrivant les organisations successives des structures de l'entreprise, leurs objectifs, leurs missions, leur organisation… Cet ensemble forme dans la base de données le corpus « Documents de structures ».
En premier lieu nous caractérisons des domaines d'activités relativement indépendants ce qui nous amène à découper les activités du CNES en cinq branches différentes qui donneront lieu à la création de cinq arbres indépendants. Ce découpage en cinq entités indépendantes apporte de la visibilité et simplifie le problème.

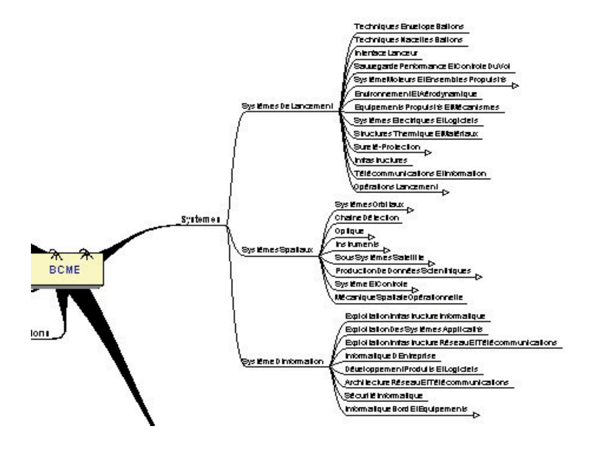
Fig. 1. Les cinq branches de l'analyse de niveau 1



L'ORGANISATION DE NIVEAU 2 : LE DECOUPAGE EN SOUS BRANCHES, LES STRUCTURES

A travers l'analyse détaillée des organigrammes nous cherchons à éliminer les niveaux qui n'ont pas de valeur d'intérêt vis-à-vis de la structuration générale visée : regroupement hiérarchiques (direction, sous Direction…), découpage "historique" (électronique, calculateurs, traitements bord …). Par contre nous regroupons les éléments de métiers qui sont connexes même si ils sont issus de Directions ou centres différents (Système d'information, traitement bord…). Ces regroupements, fusions de structures etc… Amènent à une organisation de la BC qui ne recouvre pas toujours les périmètres donnés par l'organigramme de l'entreprise.

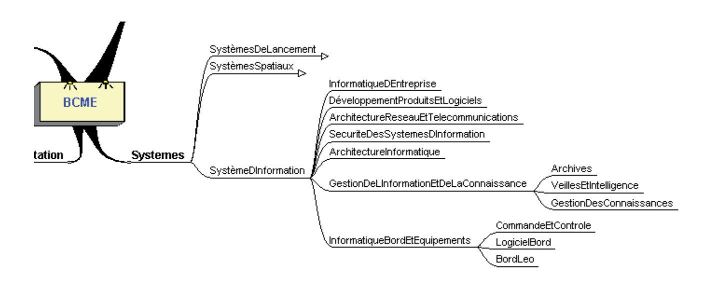
Fig. 2. Exemple d'analyse jusqu'au niveau structures pour la branche Systèmes



LA STRUCTURATION DE NIVEAU 3 : LES METIERS

L’analyse des structures dans les organigrammes est menée jusqu’au niveau des métiers. Les séances de travail menées avec les responsables ou avec les experts permettent, entre autre, de faire ressortir des activités (nanotechnologie) ou des "métiers cachés" (cogniticien) qui n'apparaissent pas dans la description des structures du CNES. Ainsi une structure de base, le département ou le service peut regrouper plusieurs métiers (informaticien, archiviste,…) ou plusieurs activités (nanotechnologies…).

Fig. 3. Exemple d’analyse jusqu’au niveau métiers pour la branche DSI



LE DEVELOPPEMENT DE LA BC

La BC étant structurée nous devons à présent la remplir et la développer, pour ce faire nous avons découpé l'ensemble du processus en plusieurs étapes :

1. Création des branches (catégories) et des types de concepts
2. Collecte des concepts, regroupement via les concepts génériques
3. Validation des concepts, traduction, recherche des doublons…
4. Lexicalisation, création des concepts génériques, création des domaines, création des réseaux sémantiques
5. Définition des outils connexes, arbres de classement, filtres
6. Implémentation dans l'outil
7. Contrôle, tests, affinage, validation, éventuellement retour à une étape antérieure
8. Mise à jour des éléments de suivi en configuration, sauvegarde
9. Mise en opération

La structuration de la BC et le recueil des concepts à travers : l'analyse des documents, les séances de travail avec les spécialistes, le traitement de documents de référence par des logiciels de fouille de texte (texte mining)…), se concrétise par la création d'un fichier par branche. Ce fichier organisé en sous branches (colonne 1), présente les concepts collectés regroupés par type (colonne 2,3,4,5), d'autres colonnes, non visibles dans l'exemple, permettent la prise en compte des concepts issus de la base de terminologie du CNES ou le rajout de liens hypertextes vers de la documentation. La couleur d'écriture des concepts est liée à leur état (validé/non validé, positionné/non positionné…).

Fig. 4. Exemple de fichier de collecte des concepts (branche DSI en cours d'élaboration)

Catégories	**Concepts structure**	**Concepts Techniques**	**Concept contextualisation**	**Concepts Métiers**
SystemeDInformation	**$StructuresDSI**= (DIRECTION DU SYSTEME D'INFORMATION,SOUS-DIRECTION TECHNIQUES INFORMATIQUE,)	**$TechniquesDSI** = (COMMISSION LOCALES DE MODIFICATION = CLM :, COMMISSION DE TRAITEMENT DES ANOMALIES = CTA,)	**$Contextualisation Informatique** = (informatique, informatique distribuee, informatique d'entreprise, informatique centralisee,	**$Metiers Informatique** = (SCHEMA DIRECTEUR DU SYSTEME D'INFORMATION,
Securite Des Systemes DInformation	**$StructuresSecuriteDesSystemesDInformation** = (SERVICE SECURITE DES SYSTEMES D'INFORMATION, ANTENNE LOCALE DE SECURITE DES SYSTEMES D'INFORMATION,)	**$TechniquesSecuriteDesSystemesDInformation** = (SECURITE DU SI, SECURITE DES SYSTEMES D'INFORMATION, SECURITE DU SYSTEME D'INFORMATION,)	**$Contexte Securite Informatique= (** Securité, sécurisation, attaques, hacker, virus, pénétrer, envahir, Authentification ,	**$Metiers Securite Informatique**= (PROCEDURE SSI, CHIFFREMENT DE LA LIAISON, CRYPTAGE, DECRYPTAGE, HACKER,

A chaque niveau et sous niveau de l'arbre vont être définis et tracé dans ce fichier :

- Les concepts de structure et d'organisation qui permettent la sélection des documents issus de la structure et qui donc sont représentatifs des activités de la structure. C'est à dire tous les documents référencés dans une structure (Direction, Division, Département, Service…) ont le nom de la structure en en-tête.
- Les concepts Techniques qui sont utilisés dans le(s) métier ou (les) l'activité couvert par la structure. Mais ces concepts assez généraux et transverses (réseau, bande passante…) doivent être contextualisés, car ils peuvent être utilisés dans plusieurs métiers différents. Néanmoins ils permettent d'élargir le choix des documents pertinents par rapport au classement ou à la recherche menée.
- Des concepts de contextualisation (concepts généraux couvrant le domaine) qui ne doivent être définis que dans cet arbre et nulle part ailleurs dans la BC. Ils servent à contextualiser des concepts transverses significatifs (concepts techniques) mais qui peuvent apparaître dans des arbres différents. Exemple (réseau $Informatique) et (réseau $Satellite), dans ce cas si le terme "réseau "n'est pas contextualisé les documents ne vont pas être bien classés et la recherche sera "bruitée".
- Les concepts Métiers qui caractérisent le ou les métiers que l'on trouve dans cette structure, ces concepts doivent être très "pointus". C'est le dernier niveau d'affinage, ces concepts doivent permettre de ne sélectionner que les documents du métier

A partir de l'étape 4 " Lexicalisation, création des concepts génériques, création des domaines, création des réseaux sémantiques" nous sommes dépendant de l'éditeur graphique 2MakeSense™.

Les concepts sont lexicalisés (on a listé toutes les manières de les exprimer dans les documents). Les lexicalisations correspondent à des formes lemmatisées, chaque lemme est ensuite fléchi (tournures grammaticales) et traduit (multilingue français/anglais).

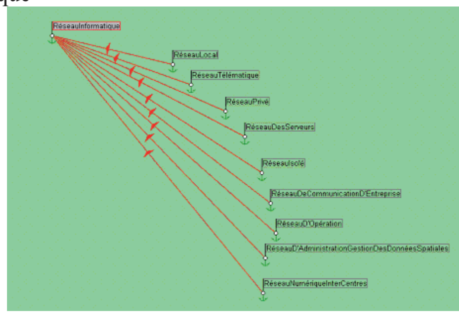
Les lexicalisations sont exportées de l'outil 2MakeSense™ dans un fichier qui est fusionné, en fin de parcours, avec le fichier de collecte des concepts.

Les concepts étant organisés et tracés l'étape suivante est liée à la construction des réseaux sémantiques, c'est-à-dire à la mise en place des relations qui existent entre certains de ces concepts.

Deux types de réseaux ont été définis :

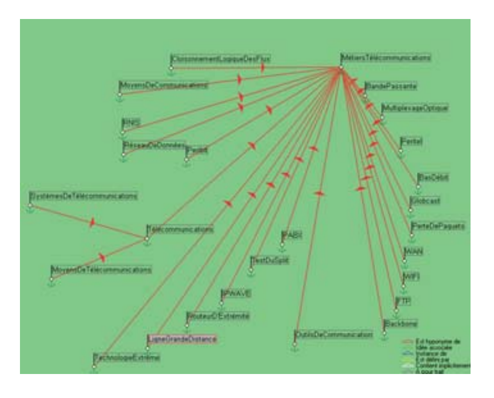
1. Les réseaux qui forment des concepts génériques, il s'agit de rattacher tous les concepts d'un même type à un concept générique.

Fig. 5. Exemple de réseau sémantique pour un concept générique



2. Les réseaux de modélisation des métiers. Nous mettons en jeux différents techniques (les cartes, la visualisation graphique de 2MakeSense™, la présentation avec l'outil Protégé™…) et demandons à l'expert d'ordonner et de relier les concepts entre eux. Ce travail se fait en étroite collaboration avec les experts car il intègre une part importante de connaissance tacite que seul l'expert possède.

Fig. 6. Exemple de réseau sémantique pour un concept de métier



Il faut ensuite définir les arbres de classement, et les filtres associés à ces arbres.

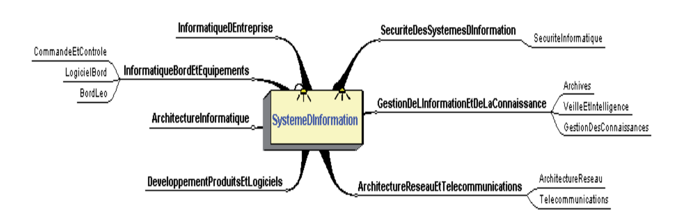
Arbre de classement

Un **arbre de classement** (*ClassTree*) est un objet dans lequel sont classés de manière automatique ou manuelle des documents provenant de sources documentaires.

Définir les arbres de classement signifie déterminer une logique de classement virtuel des documents de la ME et les filtres correspondant à chaque catégorie de classement. La logique de classement est calquée sur le découpage en branches et sous branches présenté précédemment.

Les arbres de classement que nous mettons en place sont issus de l'analyse menée précédemment sur l'organigramme et les structures CNES. Ces arbres reprennent l'organisation donnée dans le fichier collecte des concepts" et visualisée par l'outil MindManager ™

Fig. 7. Exemple d'arbre de classement



Différents critères peuvent intervenir au cours du classement :
- La structure origine, un grand nombre de documents sont issus des structures CNES, le nom de la structure se trouve en général sur la page de garde.
- Les termes techniques généraux retenus pour caractériser les activités de la structure
- Les termes techniques spécifiques (termes métiers) retenus pour caractériser les "métiers" qui forme la structure
- On peut dans certains cas s'appuyer sur la provenance des documents, qui est un indicateur du type des documents, puisque ces derniers sont parfois classés en amont selon leur nature et stockés dans des répertoires significatifs.

Sur la base de ces observations, on crée des filtres qui seront exploités dans les catégories de classement.

Catégories de classement

Une **catégorie de classement** (*Category*) est une section d'un arbre de classement, dans laquelle sont classés des documents selon un filtre sémantique (*Topic*) plus ou moins spécifique.

Filtres sémantiques (Topics)

Le filtre sémantique est un concept ou un ensemble de concepts articulés avec des opérateurs booléens et suffisamment pertinents pour déterminer si le document doit être classé dans la catégorie pour laquelle le filtre a été élaboré.

Lors du processus de classement, les concepts déclarés dans la base de connaissances sont identifiés dans les documents, ce qui permet au système de construire le sens de ces derniers et de les trier sémantiquement. Une note de pertinence est ensuite attribuée aux documents, grâce à la comparaison des concepts présents dans ces documents avec ceux correspondant aux filtres sémantiques (*Topics*) de chaque catégorie de classement.

RESULTATS

Les branches Systèmes : informatiques, lancements, spatiaux, sont en place et opérationnelles. Elles sont utilisées par les 2500 agents de l'entreprise.

Nous suivons l'efficacité de la BC grâce à :
- l'analyse des documents qui ne sont classés dans aucune branche suite au classement automatique (valeur de ces documents ? problème de filtrage ?)
- l'analyse des fichiers d'exploitation des serveurs (logs) qui supportent l'application ME. Ces logs nous donnent des informations générales : le nombre d'accès, quel poste et à combien de reprise il accède, quels sont les documents accédés…
- l'analyse des données fournies par l'analyseur de requêtes que contient l'outil : requêtes les plus fréquentes, forme des requêtes…)
- l'analyse des mèls de "suggestion" que renvoient les utilisateurs.

Le détail des résultats : indicateur d'utilisation (au moins deux accès au cours d'une même période), thèmes les plus fréquents… Seront présentés au cours de la conférence.

CONCLUSION

Le Cnes compte 2500 collaborateurs aux savoirs et savoir-faire aussi spécifiques que complémentaires. Les diverses communautés professionnelles éclatées sur 4 sites poursuivent néanmoins un objectif commun, celui de mener à bien la gestion du programme spatial.

Le besoin de préserver les connaissances est accentué par le contexte de départs massifs à la retraite d'agents dont l'activité correspond au cœur du métier de l'entreprise. La préoccupation de l'entreprise n'est plus seulement la protection ou la pérennisation de ces connaissances mais leur transmission. Le transfert des connaissances concerne également les changements de poste.

La BC CNES est au cœur du système de Mémoire d'Entreprise et est un élément majeur des travaux relatifs à la Gestion des Connaissances.

Cette BC sert aussi pour les activités de veilles technologiques en particulier pour la surveillance automatique de certaines sources sur des critères pré définis.

A terme la BC CNES pourra être utilisée dans d'autres cadres, par exemple : recherches documentaire associées à des projets de R&T, versement aux archives de parties de la BC avec un lot de documents pour "contextualiser" le lot c'est-à-dire préserver son sens dans le temps.

Ce dernier aspect est étudié en R&T et dans le cadre d'une Thèse en cours, en particulier pour déterminer les éléments qui doivent être intégrés dans la BC pour qu'elle soit en mesure de jouer ce rôle de contextualisation et d'aide à la compréhension pour les générations futures.

Nous ne sommes qu'au début du développement et surtout de l'utilisation de la BC CNES, au fil du temps d'autres champs d'application feront leur apparition.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Boy, G., Delail, M.: *Knowledge Acquisition by Specialization-Structuring: A Space Telemanipulation Application. In: AAAI-88, Workshop on Integration of*

Knowledge Acquisition and Performance Systems, St Paul, Minnesota, USA (1988).

[2] Bourigault, D., Fabre, C., Frerot, C., Jacques, M.-P., Ozdowska, S.: *Syntex, analyseur syntaxique de corpus. 12èmes journées sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*, Dourdan, France (2005).

[3] Picton A.: *"Migration" des connaissances dans le temps : apports d'une analyse automatique des dépendances des termes. In: 7ième conférence Terminologie et Intelligence Artificielle*, Sophia Antipolis, France (2007)

[4] Condamines A., Galarreta D., Perrussel L., Rebeyrole J., Rothenburger B., Viguier-Pla S.: *Tools and methods for knowledge evolution measure in space project. In: 54th International Astronautic Congress*, Bremen, Allemagne (2003)..

Apports et limites des mannequins numériques pour la conception des postes de travail à travers deux études de cas.

Laurent Claudon

INRS, BP 27, F-54501 Vandoeuvre Cedex,
laurent.claudon@inrs.fr

RESUME :
A travers deux exemples concernant respectivement un poste de montage dans l'industrie automobile et un poste d'encaissement pour les hypermarchés, la présente communication a pour objectif d'apporter quelques éléments de réponse à deux interrogations sous-jacentes à l'utilisation de mannequins numériques pour la conception d'une situation future de travail. Il s'agit tout d'abord de la question de la représentativité de l'activité simulée par rapport à la situation réelle et du degré de confiance qu'il est possible d'accorder à des évaluations ergonomiques menées sur une activité prescrite par rapport à celles pratiquées en situations réelles. Puis de façon complémentaire à la première, la seconde question concerne l'utilisation de données biomécaniques calculées par les logiciels de mannequins numériques tels que les couples articulaires comme données d'entrée, relatives aux efforts exercés dans les évaluateurs ergonomiques.
Les résultats montrent qu'il est possible de considérer les mannequins numériques comme des outils d'aide à la conception de situations de travail futures moins pénibles, mais avec toutefois certaines limites que le concepteur ne doit surtout pas négliger.

MOTS CLES : conception, mannequin numérique, ergonomie, poste de travail.

ABSTRACT
Through two examples concerning an assembly shop in the car industry and a hypermarket checkout, the present paper tries to provide elements of the answer to two questions underlying the use of digital humans for the design of future workplaces. The first question concerns the representativeness of a simulated activity compared with the real situation, and thus the level of confidence that can be achieved in ergonomic evaluations conducted on the basis of specified work compared to those based on real work. The second question concerns the use of biomechanical data such as joint torques, as input data for the strength exerted, in the ergonomic evaluations with digital humans.
The results show that it is possible to use digital humans as tools to make the design of future workplaces less toilsome, but within certain limits that the designer must take into account.

KEYWORDS : design, digital human, ergonomics, workplace.

INTRODUCTION

La situation de compétition de plus en plus forte dans laquelle se trouvent les industriels, avec un cycle de vie des produits de plus en plus court, un accroissement des exigences des clients qui attendent de plus en plus de personnalisation des produits, a conduit les entreprises à modifier profondément leurs processus de conception. On est ainsi progressivement passé de l'ingénierie séquentielle à l'ingénierie concourante (ou simultanée). Cette mutation méthodologique des processus de conception, initiée au début des années 80, a entraîné une forte évolution des outils de conception, évolution favorisée par le formidable essor des techniques informatiques sur la même période. Auparavant adepte de la planche à dessin et de représentations 2D du produit à concevoir, dont il découlait ensuite la réalisation de plusieurs prototypes physiques, le concepteur est aujourd'hui capable de réaliser une simulation numérique en 3D d'un poste de travail, d'une ligne de production, voire d'un atelier complet.

Parallèlement à ces transformations technologiques visant à concevoir mieux et plus vite, est apparue en France, à la même époque, l'obligation d'appliquer des principes de sécurité lors de la conception d'un équipement de travail et à réaliser ainsi une estimation *a priori* des risques (loi du 6 décembre 1976 et ses décrets d'application du 15 juillet 1980). De fait, historiquement très technocentrée, la conception est devenue de plus en plus anthropocentrée afin de mieux prendre en considération les facteurs liés à la protection des opérateurs contre les accidents du travail et les maladies professionnelles. Dans ce dernier domaine, l'accroissement très élevé du nombre de troubles musculosquelettiques (TMS) observé ces dernières années justifie notamment qu'un effort soit réalisé dans le sens d'une conception plus ergonomique. Cette évolution de la prévention, appelée prévention intégrée,

a été étendue au niveau européen par l'adoption au début des années 90 de la directive dite "Machines" [1] et elle s'est accompagnée au fil des années du développement d'outils de prévention, les plus connus étant les normes.

C'est dans ce double contexte de compétitivité et de prise en compte de la prévention à la conception, associé à la puissance croissante des outils informatiques que les mannequins numériques sont apparus dans l'univers des concepteurs, à savoir la CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Développés à partir des années 60, les mannequins numériques, encore appelés humanoïdes ou avatars, ne permettaient initialement qu'une représentation graphique d'une forme humaine numérique en conditions statiques et pour laquelle il était uniquement possible, de faire varier les dimensions anthropométriques et certains éléments basiques de sa posture (assis vs. debout), de vérifier les zones d'atteintes du futur opérateur et d'observer son champ de vision [2]. Aujourd'hui, ces mannequins numériques ont beaucoup évolué. Ils peuvent être insérés dans un environnement virtuel complexe tel qu'un poste de travail, et animés afin de simuler différents scénarii d'une future situation de travail et ce, sans maquette physique. Les logiciels de mannequins numériques proposent également certains outils d'évaluation ergonomique tels que RULA (Rapid Upper Limb Assessment), OWAS (Ovako Working Assessement System), des activités de manutention (équation du NIOSH, dépense énergétique) ou autres… [3]. Ainsi, certains éléments ayant trait à la dimension physique de l'activité peuvent alors être abordés. Une telle démarche a pour objectif d'observer comment des évolutions de conception peuvent affecter certaines performances humaines ou créer des risques pour la santé des opérateurs. De ce fait, il est possible d'étudier différents scénarii, de vérifier le respect de certains principes ergonomiques et d'apporter, en cas de nécessité, des éléments correctifs très en amont dans le cycle de conception.

Toutefois, bien qu'attrayante, l'utilisation de mannequins numériques n'en reste pas moins actuellement soumise à certaines limitations telles que un coût élevé, des animations longues et fastidieuses, l'apparition de postures parfois non réalistes lors d'une animation en cinématique inverse, une intégration des évaluateurs ergonomiques existants encore trop faible…

A cette liste non exhaustive, il convient également de rajouter deux éléments importants dans une perspective d'utilisation de mannequins numériques pour étudier, en phase de conception, l'ergonomie d'une future situation de travail. Il s'agit tout d'abord de la question de la représentativité de l'activité simulée par rapport à la situation réelle. En effet, un concepteur va réaliser des simulations et des évaluations ergonomiques de type RULA, OCRA (OCcupational Repetitive Actions), OREGE (Outil de Repérage et d'Evaluation des GEstes) ou autres à partir de sa vision qu'il a de la future situation de travail, c'est-à-dire de son prescrit. Mais quel degré de confiance est-il alors possible d'accorder à de telles évaluations *a priori* par rapport à celles pratiquées en situations réelles ? De même, la mise en œuvre des évaluateurs cités ci-dessus nécessite une connaissance des sollicitations musculaires nécessaires à la réalisation de la tâche. Or, à ce jour, les mannequins numériques proposés dans les environnements de CAO ne permettent que le calcul de couples articulaires en conditions statiques qu'il est ensuite possible de référencer à des valeurs maximales issues de la littérature. Peut-on raisonnablement utiliser de telles informations comme données d'entrée d'une évaluation ergonomique pratiquée à l'aide de mannequins numériques ?

C'est à ces deux questions que cette communication tente d'apporter quelques éléments de réponses au travers de deux exemples de situation de travail issus pour le premier d'un poste de montage dans l'industrie automobile et pour le second d'un poste d'encaissement d'hypermarché.

EXEMPLE 1 : COMPARAISON PRESCRIT/REEL

Ce premier exemple, issu de travaux en cours dans le cadre du projet Perf-RV2 (http://www.perfrv2.fr/), vise à étudier la pertinence d'utiliser un mannequin numérique pour évaluer certains risques liés aux postures, mouvements et manutentions manuelles. La situation de travail étudiée est celle du montage d'une pièce appelée « jambe de force » située sous la console centrale d'un véhicule automobile (cf. figure 1). Les risques évoqués ci-dessus sont évalués à partir des recommandations préconisées dans les normes NF EN 1005-4:2005 [4] pour le dos et les épaules et NF EN 1005-5:2007 [5] pour les avant-bras et les mains.

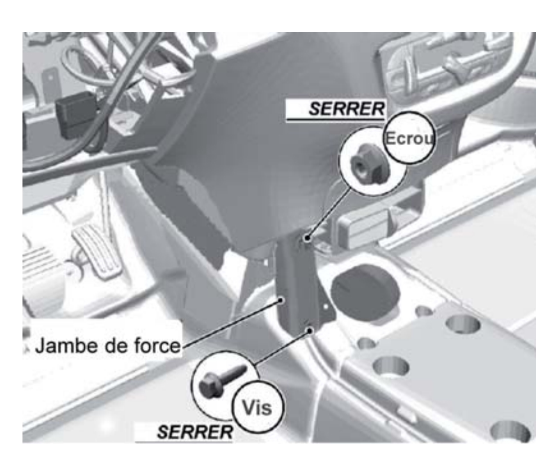


Figure 1 : Fixation de la jambe de force

Méthodologie

Une fois l'environnement 3D de la situation de travail, incluant une partie du véhicule, la jambe de force, l'écrou, la vis et la visseuse utilisée par l'opérateur (cf.

figure 2), importé dans le logiciel de mannequin numérique Human™ de Dassault Systèmes, deux simulations ont été réalisées. La première a été élaborée à partir des informations contenues dans la gamme de montage préconisée par le bureau des méthodes. La seconde a consisté à reproduire la gestuelle d'un opérateur en situation réelle à partir d'enregistrements vidéo réalisés sur site.

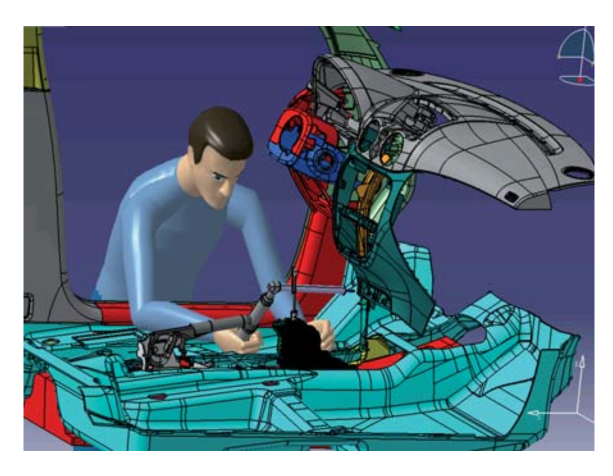


Figure 2 : Environnement virtuel

Lors des simulations, les angles de flexion-extension, d'inclinaison latérale et de rotation droite-gauche du tronc, de flexion-extension et d'abduction-adduction de l'épaule, de flexion-extension et de prono-supination de l'avant-bras et enfin de flexion-extension et déviation radio-cubitale du poignet ont été enregistrés. Les durées du cycle et de préhension des divers éléments (visseuse, vis, écrou, jambe de force) ont également été recueillies pour permettre le calcul de l'indice OCRA défini dans la norme NF EN 1005-5 [5]. Une estimation des efforts, également nécessaire pour le calcul de l'indice ci-dessus, a été obtenue à partir du calcul des couples articulaires de l'épaule (flexion-extension, abduction-adduction et rotation interne-externe) et du coude (flexion-extension) qui étaient ensuite exprimés en pour-cent de valeurs maximales de référence proposées dans le module « Analyse biomécanique » du logiciel Human™. Le paramétrage des efforts dans les mains du mannequin était identique dans les 2 cas afin d'éviter une erreur imputable à ce paramètre dans le calcul des indices OCRA.

Résultats

En préambule à la présentation des résultats, il est important de souligner que seules les comparaisons entre les deux simulations doivent être examinées. En effet, dans le cadre de ces simulations, il a été envisagé que l'activité de l'opérateur était réduite à la seule opération de montage de la jambe de force (ce qui n'était pas le cas dans la situation réelle). En conséquence, les observations ci-après ne doivent pas être considérées pour évaluer la situation réelle.

Pour le dos, les deux simulations ont mis en évidence une fréquence de flexion du dos entre 20° et 60° considérée comme inacceptable au regard de la norme NF EN 1005-4. Par contre, la simulation de la situation prescrite n'a pas permis d'identifier une fréquence trop élevée de rotation du dos (> 10°) observée lors la simulation de la situation réelle.

En ce qui concerne l'épaule droite, les résultats des simulations des 2 situations sont identiques : les mêmes situations inacceptables ont été identifiées. Par contre, pour l'épaule gauche, l'analyse de la simulation de l'activité prescrite souligne une fréquence trop élevée d'abduction entre 20° et 60° [4] alors que cette observation n'a pas été constatée lors de la simulation de la situation réelle.

Enfin, les simulations montrent une sollicitation très proche pour la main gauche avec respectivement un indice OCRA de 7,0 pour la situation prescrite et de 6,1 pour la situation réelle. Par contre pour la main droite, l'indice est de 8,5 pour la situation prescrite et de 12,0 pour la situation réelle. Pour information, une valeur de l'indice OCRA supérieure à 3,5 est considérée comme inacceptable [5]. Une telle observation s'explique notamment par un nombre de gestes effectués par la main droite plus élevé dans la situation réelle que pour la situation prescrite. En effet, un pré-vissage manuel de l'écrou et de la vis serrant la jambe de force a été observé en situation réelle alors que ce mode opératoire n'était pas prévu par l'activité prescrite.

Dans le cas d'étude considéré, les premières simulations par mannequin numérique permettent d'identifier une grande partie des situations à risque. Même si toutes ne le sont pas, une telle démarche contribue à concevoir une situation de travail future moins pénible. Ces résultats restent toutefois à compléter par les travaux encore actuellement en cours dans le cadre du projet Perf-RV2.

EXEMPLE 2 : COMPARAISON SOLLICITATIONS MUSCULAIRES ET COUPLES ARTICULAIRES

Ce second exemple avait pour objet l'étude de l'utilisation des valeurs de couples articulaires, calculées à l'aide d'un logiciel de mannequin numérique, comme données d'entrée dans des évaluateurs de risque de sur-sollicitation du membre supérieur et du dos. Cette étude dont le cadre est celui de l'activité d'une hôtesse à un poste d'encaissement d'hypermarché comporte 3 phases : tout d'abord, une analyse biomécanique de l'activité d'encaissement avec des enregistrements de signaux électromyographiques (EMG), ensuite une simulation de la même activité à l'aide du logiciel de mannequin numérique Human™, et enfin, une comparaison des résultats des 2 premières phases.

Analyse biomécanique

Cette analyse a été menée sur 4 sujets sains de sexe féminin par une équipe de l'Institut de la Performance

Humaine de l'Université de Paris XII [6]. Il s'agissait de procéder à l'encaissement de 12 produits tests, représentatifs des produits les plus fréquemment encaissés, dont les caractéristiques (poids, dimensions) étaient parfaitement connues. Les signaux EMG des muscles trapèze, deltoïde antérieur et postérieur, biceps, triceps et spinaux lombaires ont été recueillis sur les côtés droit et gauche, puis exprimés en pour-cent de valeurs maximales recueillies au cours d'épreuves de contractions maximales volontaires.

Après une période de familiarisation à la tâche, chaque sujet devait effectuer 3 fois l'encaissement des 12 produits tests sur un même poste d'encaissement. Des enregistrements vidéos étaient réalisés lors de toutes les expérimentations.

Une valeur moyenne de la sollicitation de chacun des groupes musculaires considérés pour chacun des produits tests a ensuite été calculée. Cette valeur moyenne permet d'intégrer à la fois les différences inter et intra-individuelles.

Simulation à l'aide d'un mannequin numérique

Une simulation avec le logiciel de mannequin numérique Human™ a été ensuite réalisée dans un environnement CAO comprenant le poste d'encaissement et les produits tests (cf. figure 3). Les dimensions anthropométriques du mannequin sélectionné correspondaient à celles du 50e percentile de la population féminine française. L'animation du mannequin a été construite à partir des enregistrements vidéo de la situation expérimentale (cf. § précédent) afin d'obtenir une gestuelle représentative de celle observée chez les sujets ayant participé à l'analyse biomécanique. Des efforts ont été paramétrés au niveau des mains du mannequin pour prendre en considération le poids des produits manipulés.



Figure 3 : Mannequin numérique et l'environnement virtuel

Comme précisé dans l'exemple 1, le module « Analyse biomécanique » du logiciel Human™ calcule les couples, en conditions statiques, de flexion-extension, d'abduction-adduction et rotation interne-externe de l'épaule, de flexion-extension du coude, de flexion-extension, d'inclinaison latérale et de rotation du tronc au niveau des vertèbres L4/L5. Ces couples ont ensuite été exprimés en pour-cent de valeurs maximales de référence proposées dans le module d'analyse biomécanique.

Comparaison des résultats des 2 études

Compte tenu d'une part, des fonctions propres et du niveau d'activation des muscles considérés et d'autre part, des couples articulaires considérés, il a été décidé de procéder aux correspondances suivantes pour la comparaison des résultats :

- couple articulaire en flexion de l'épaule avec l'activité du deltoïde antérieur,
- couple articulaire en flexion du coude avec l'activité du biceps,
- couple articulaire en extension du tronc avec l'activité des spinaux lombaires du côté où elle est la plus élevée. En effet, le logiciel Human™ ne fournit qu'une seule valeur de couple articulaire en flexion-extension du tronc. En final, c'est le côté droit qui a été retenu.

Cette étude se situant dans le cadre d'une utilisation d'un mannequin numérique pour évaluer notamment le risque de survenue de TMS, les valeurs du coefficient « multiplicateur pour la force FoF » (cf. tableau 1) utilisées pour le calcul de l'indice OCRA [5] ont été retenues pour comparer les sollicitations musculaires et les couples articulaires.

Emploi de la force (X ou Y) en %	5	10	20	30	40	≥ 50
Score à l'échelle de Borg (Z)	0,5 très, très faible	1 très faible	2 faible	3 modéré	4 assez fort	≥ 5 fort/ très fort
Facteur pour la force (FoF)	1	0,85	0,65	0,35	0,2	0,01

Tableau 1 : Valeurs du multiplicateur FoF [5]

Ainsi, pour chacun des 12 produits tests manipulés, deux valeurs du multiplicateur FoF ont été attribuées : l'une correspondant au niveau de sollicitation moyen observé lors de l'expérience de laboratoire et l'autre au couple moyen calculé lors de la simulation (cf. tableau 2).

		Epaule		**Coude**		**Tronc**
		D	**G**	**D**	**G**	
Produit 1	**EMG**	0,65	0,85	0,85	1	0,65
	Couple	0,65	0,85	0,85	0,85	1
Produit 2	**EMG**	0,65	0,35	1	1	0,65
	Couple	0,65	0,65	0,85	0,85	0,85
Produit 3	**EMG**	0,85	0,65	1	1	0,65
	Couple	0,85	0,85	1	1	0,85
Produit 4	**EMG**	0,85	0,65	0,65	1	0,65
	Couple	0,85	1	1	0,85	1

Produit 5	**EMG**	0,65	0,65	0,85	1	0,65
	Couple	1	1	1	1	1
Produit 6	**EMG**	0,65	0,65	1	0,85	0,65
	Couple	0,85	0,85	0,85	0,85	1
Produit 7	**EMG**	0,35	0,65	0,85	0,85	0,35
	Couple	0,85	0,65	1	0,85	0,85
Produit 8	**EMG**	0,85	0,65	1	0,85	0,65
	Couple	0,85	0,85	0,85	0,85	1
Produit 9	**EMG**	0,85	0,65	1	1	0,85
	Couple	0,65	0,85	1	0,85	1
Produit 10	**EMG**	0,85	0,65	1	1	0,65
	Couple	0,65	0,65	0,85	0,85	1
Produit 11	**EMG**	0,35	0,35	0,85	0,85	0,35
	Couple	0,35	0,65	0,65	0,65	0,85
Produit 12	**EMG**	0,65	0,35	0,85	0,85	0,65
	Couple	0,35	0,65	0,65	0,65	0,85

Tableau 2 : Valeurs du multiplicateur FoF

L'analyse des résultats du tableau 2 montre tout d'abord une sous-estimation systématique de la sollicitation en flexion-extension du tronc lors de la simulation par rapport à la situation expérimentale. Pour tous les produits tests confondus, la valeur moyenne des couples est de 7 % alors que l'activité des spinaux lombaires droits est de 20 %. L'hypothèse la plus probable permettant d'expliquer un tel écart concerne le fait que la co-activité musculaire nécessaire au maintien de la posture n'est pas prise en compte dans le calcul des couples par le logiciel Human™.

Concernant les articulations du membre supérieur, l'analyse de la correspondance entre les coefficients "FoF", calculés lors de la simulation et ceux calculés à partir des EMG, montre :

- une correspondance exacte pour 36 % des valeurs « FoF » comparées,
- une légère sur-évaluation (une classe) de l'effort par le logiciel de mannequin numérique pour 33 % des valeurs « FoF » comparées,
- une légère sous-évaluation (une classe) de l'effort par le logiciel de mannequin numérique pour 21 % des valeurs « FoF » comparées,
- une forte sous-évaluation (deux classes) de l'effort calculé par le logiciel de mannequin numérique pour 10 % des valeurs « FoF» comparées.

Ainsi, dans le contexte de l'étude, les résultats montrent que l'utilisation de couples articulaires comme données d'entrée dans des outils d'évaluation de situation à risque de TMS du membre supérieur permet une estimation correcte ou supérieure à la sollicitation réellement mesurée pour 69 % des données traitées. A l'inverse, pour 31% de valeurs étudiées, le logiciel de mannequin numérique sous-estime plus ou moins fortement (de 1 à 2 classes) l'effort réellement mis en oeuvre lors de la tâche. De tels résultats peuvent indiscutablement porter préjudice à la qualité de l'évaluation du risque de TMS lors de la conception du poste de travail.

Pour améliorer ces résultats, de nouveaux développements logiciels sont nécessaires, notamment afin de mieux prendre en compte les phénomènes de co-activation musculaire liés au maintien postural et les aspects dynamiques des mouvements lors du calcul des efforts (les couples sont actuellement calculés en conditions statiques à chaque pas de simulation). Les travaux actuellement menés dans certains projets de recherche tels que Perf-RV2, Humosim (http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/HUMOSIM/), Virtual Soldier (http://www.digital-humans.org/), Anybody (http://anybody.aau.dk/) etc. laissent présager des améliorations dans les futures générations de mannequins numériques et notamment autour des problématiques liées à la prédiction des postures et des mouvements, à la gestion de l'équilibre et des efforts posturaux, aux calculs d'efforts musculaires en conditions dynamiques, à la prise en compte de la fatigue musculaire …

CONCLUSION

D'une manière générale, ces exemples ainsi que d'autres issus de la littérature [6]- [10], illustrent ce qu'il est aujourd'hui possible de faire et ne pas faire avec des logiciels de mannequins numériques dans le domaine de l'évaluation ergonomique de poste de travail. Actuellement, il faut considérer ces logiciels comme des outils permettant de contribuer à la conception d'une situation de travail future moins pénible, et ce, à un stade de la conception où aucune maquette physique n'existe et donc où il est facile et peu coûteux de faire des modifications.

En faisant référence au système de couleur vert, jaune, rouge de classement présenté dans la norme NF EN 614-1:2003 [11], il est éminemment plus souhaitable de concevoir une situation dont l'évaluation *a priori* serait « verte » que de laisser se réaliser une conception qui se trouverait être dans le « rouge ». A contrario, il faut également que le concepteur reste sensibilisé au fait qu'un logiciel de mannequin numérique n'est qu'un outil de simulation avec ses limites (et elles sont encore aujourd'hui nombreuses comme nous avons pu le voir). Tous les voyants « au vert » à la conception signifie que certains problèmes ont été éliminés et donc n'apparaîtront pas dans la situation réelle. Toutefois, du fait des limites actuelles des modèles utilisés et de la complexité des situations de travail réelles, d'autres problèmes peuvent apparaître, et faire en sorte qu'une situation a priori « verte » puisse s'avérer être en réalité « orange » ou « rouge ». Une étude est actuellement engagée à l'INRS afin d'avertir les concepteurs sur les conditions limites d'usage de ces logiciels et ainsi éviter qu'une utilisation inappropriée conduise à l'effet inverse de celui escompté.

BIBLIOGRAPHIE

1. Directive 89/392/CEE du 14 juin 1989. *Rapprochement des législations des états membres relatives aux machines,* JO-CE n° L 183 du 29/06/1989 - pp. 9-32.
2. Chaffin D. B. *Digital Human Models for ergonomic design and engineering.* In Delleman N. J., Haslegrave C. M., & Chaffin D. B (Eds), Working Postures and Movements, Tools for evaluation and Engineering (pp. 426-431), CRC Press, 2004.
3. Raschke U. *The Jack Human simulation tool.* In Delleman N. J., Haslegrave C. M., & Chaffin D. B (Eds), Working Postures and Movements, Tools for evaluation and Engineering (pp. 431-437), CRC Press, 2004.
4. NF EN 1005-4. *Sécurité des machines - Performance physique humaine - Partie 4 : évaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec les machines*. Comité européen de normalisation, Bruxelles, 2005.
5. NF EN 1005-5. *Sécurité des machines - Performance physique humaine - Partie 5 : Appréciation du risque relatif à la manutention répétitive à fréquence élevée.* Comité européen de normalisation, Bruxelles, 2007.
6. Portero P., Lecompte J., & Maïseti O. *Etude relative à l'analyse du poste d'encaissement : Expertise biomécanique et physiologique*. Rapport final, Institut de la Performance Humaine, 2005.
7. Feyen R., Liu Y., Chaffin D. B., & Jimmerson G., Joseph B. *Computer-aided ergonomics: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design*. Applied Ergonomics, Vol. 31, 2000, pp. 291-300.
8. Colombo G., & Cugini U. *Virtual humans and prototypes to evaluate ergonomics safety.* Journal of Engineering Design, Vol. 16, No. 2, 2005, pp. 195-203.
9. Stephens A.M., Chiang C., & Joseph B. (2006). Human simulation and motion capture technology in the development of an ergonomic strategy. In *Proceedings of IEA2006* (July 10-14, Maastricht), Elsevier, 2006.
10. Santos J., Sarriegi J. M., Serrano N., & Torres J. M. *Using ergonomics software in non-repetitive manufacturing processes: A case study.* International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 37, 2007, pp. 267-275.
11. NF EN 614-1. *Sécurité des machines – Principes ergonomiques de conception - Partie 1 : Terminologie et principes généraux*. Comité européen de normalisation, Bruxelles, 2003.

L'effet du type de tâche sur la production de gestes et de regards en interactions médiatisées

Liv Lefebvre

* France Telecom R&D Lannion - 2 Avenue Pierre Marzin, 22300 Lannion Cedex -
** CRPCC - Université de Bretagne Sud - 8 rue Montaigne - 56000 Vannes Cedex
liv.lefebvre@orange-ftgroup.com

Laurence Perron *

laurence.perron@orange-ftgroup.com

Nicolas Guéguen **

nicolas.gueguen@univ-ubs.fr

RESUME
Whittaker (2003) a postulé une différence d'influence des comportements non verbaux selon les tâches. D'après ses conclusions, nous faisons l'hypothèse que les taux de production des différentes comportements non verbaux ne seront pas les mêmes selon les tâches. Les taux de production de 5 comportements non verbaux ont été comparés lors d'une tâche de conception narrative comparée à une tâche d'assemblage de puzzle. Ces deux tâches ont des propriétés différentes. Lors de ces deux tâches, deux variables ont été manipulées : la distance vis-à-vis de l'interlocuteur (co-présence versus à distance) et l'orientation du contenu (côte-à-côte versus face-à-face). Les résultats ont montré que les participants ont produit plus de comportements non verbaux lors de la tâche de conception narrative. De plus, on observe que les patterns de production des comportements sont différents selon les deux tâches et selon que les participants interagissent en présence ou à distance.

MOTS CLES : Non verbal, gestes, regard, comparaison entre tâches.

ABSTRACT
Whittaker (2003) postulated a difference between influences of nonverbal behaviours according to tasks. From his conclusions, we postulate that the rate of production of nonverbal behaviours will be different according to the tasks. Production rates of five nonverbal behaviours were observed during a Storytelling task and compared with a puzzle assembling task. They have different attributes. For these two tasks, two variables were tested: distance between interlocutors (collocated versus at a distance) and content orientation (side-by-side versus face-to-face). Results have shown that participants have produced more nonverbal behaviour in the Storytelling task. In addition different patterns of nonverbal production are observed depending on the task and whether the participants is or at a distance.

KEYWORDS : Nonverbal, gestures, gaze, tasks comparison.

INTRODUCTION

Le non verbal joue différents rôles dans les interactions sociales, il permet l'alternance des tours de parole, la référence aux objets de l'environnement, l'interactivité dans le dialogue, la formation d'un consensus, la négociation [1, 2]. C'est pourquoi il est nécessaire de s'intéresser au non verbal lorsqu'on étudie les interactions médiatisées.

Différence de l'influence du non verbal selon les tâches

Whittaker a constaté que l'effet de la médiatisation par une technologie des interactions diffère selon les tâches [1]. En effet, il constate que pour des tâches cognitives de mémorisation, de résolution de problèmes ou d'échanges d'information à propos d'un thème, peu de différences ont été observées, tandis que pour des tâches qui nécessitent une forte référence commune, l'échange d'informations interpersonnelles et affectives et une interactivité entre les participants, les différences entre les situations d'interactions sont plus importantes.

Par exemple, dans les expériences portant sur la négociation, les participants sont engagés dans des jeux de rôles de négociation où on leur assigne un rôle particulier et ils doivent débattre avec les autres participants pour arriver à un consensus. Les résultats de ces expériences montrent des différences entre les conditions selon que les participants ont un accès visuel ou non aux autres [3]. Le nombre d'impasses dans la condition orale seule est supérieur aux conditions dialogue en face-à-face et audio-visuelle. Les compromis sont plus difficiles à trouver. Les conflits d'intérêts sont plus difficiles à résoudre car les participants ne réussissent pas à atteindre un consensus. Les participants ont également plus de mal à trouver des solutions de rechange en cas de désaccord.

La différence de réussite aux tâches en fonction du fait que les participants interagissent en face-à-face ou bien via une technologie qui médiatise les interactions tels qu'un système de visiophonie ou le téléphone, peut être attribuée à l'influence du non verbal dans les interactions sociales.

Le non verbal joue différents rôles dans les interactions sociales

Les comportements non verbaux ont des fonctions sociales en assurant la régulation du comportement, en désambiguïsant le langage et en permettant l'adressage [4-7]. Le non-verbal est aussi un marqueur socioculturel qui donne à voir l'indicible, comme les émotions, en renforçant l'intelligibilité de la parole.

Les gestes et l'orientation du regard accompagnent la parole et peuvent véhiculer des informations non transmises par celle-ci. Par exemple, la fréquence et les temps de regard jouent un rôle dans la bonne marche de l'alternance des tours de parole entre deux personnes [8]. Les gestes permettent également d'apporter des indices supplémentaires sur la tâche en cours [9].

Nous postulons pour l'intérêt d'étudier le non verbal en tant qu'indice observable complémentaire à l'analyse de la parole, et faisant partie d'un même système plus général de communication [10, 11]. Au-delà du fait que les comportements non verbaux sont moins étudiés que les comportements verbaux, l'intérêt d'étudier le non verbal réside dans ses caractéristiques propres. En effet, le non verbal est à la fois un mode de communication, un moyen d'action sur le monde et un mode d'expression, en ce sens qu'il rend visible des activités internes de celui qui agit. En tant que moyen d'expression et de communication, DePaulo, dresse la liste des caractéristiques spécifiques du non verbal [12] :

Le non verbal est irrépressible, on ne peut pas ne rien exprimer.

Le non verbal est moins accessible aux acteurs qu'aux observateurs, les producteurs n'ont pas de feedback direct de ce qu'ils produisent tandis que les interlocuteurs y ont accès. Cela n'est pas le cas pour le verbal.

Les comportements non verbaux sont confidentiels, dans la mesure où ils ne sont pas reproductibles, s'il est possible de répéter ce qu'à dit quelqu'un, on ne peut pas répéter une série de gestes.

Les comportements non verbaux sont produits rapidement. Une conséquence de cette constatation est que beaucoup de comportements non verbaux ne sont pas facilement ou effectivement produits ou contrôlés. Néanmoins, certains comportements non verbaux seraient produits de manière contrôlée. Pour Ekman et Friesen (1969), les comportements non verbaux varient selon un continuum de contrôlabilité selon les comportements [13].

La production de gestes est également essentielle à la production verbale en tant qu'aide à l'expression verbale. Plusieurs études empiriques viennent soutenir cette proposition. Les aveugles produisent autant de gestes lorsqu'ils parlent avec un voyant qu'avec un autre aveugle, de plus, ils produisent autant de gestes que lorsque les voyants parlent avec d'autres voyants [14]. Lorsqu'on demande à des participants de parler sans faire de mouvements avec leurs mains, il est observé un plus grand nombre d'hésitations et le contenu verbal se trouve modifié [11].

Ainsi, le non verbal possède des caractéristiques intrinsèques qui permettent de dégager des indices révélateurs de l'activité qui apportent un éclairage complémentaire à l'analyse verbale, plus usitée. Néanmoins, encore faut-il savoir quels indices permettent de dire quelque chose de l'activité des interlocuteurs.

Comportements non verbaux : catégorisation DAMPI

S'il est intéressant d'étudier le non verbal, on ne lui attribue pas la capacité à fabriquer du sens indépendamment du verbal. En effet, la gestuelle concourt avec le langage à la production de sens et la communication est un fait global dans lequel sont impliqués différents systèmes de signes [11]. C'est dans cette perspective qu'Ekman et Friesen (1969) d'une part et Argentin (1984, 1989) Argentin et Ghiglione (1986) d'autre part ont élaboré leurs catégorisations. C'est à partir de ces deux systèmes de catégorisation que s'est élaborée la catégorisation suivante, appelée DAMPI :

Déictiques : ce sont les gestes de pointage qui servent à désigner quelque chose dans l'environnement. Ils sont souvent effectués par l'orientation d'un doigt, de la main ou de la tête.

Adaptateurs : ce sont des mouvements dits "de confort" comme les gestes d'auto-contact, de manipulations d'objets, de grattages…

Métaphoriques : ils illustrent un contenu discursif et représentent par analogie une action, un objet, un lieu, un mouvement… Par exemple, lorsque l'on dit : "grand comme ça" et que l'on écarte les mains pour indiquer la dimension de l'objet dont on parle.

Ponctuateurs : ce sont des gestes de scansion, de ponctuation qui rythment le discours. Ils sont présents en même temps que le discours.

Interacteurs : ce sont les gestes de la main et/ou d'orientation de la tête et/ou du tronc à l'adresse d'autres interlocuteurs. Ils correspondent pour partie à l'orientation du regard vers l'autre et non aux regards mutuels, car il reste techniquement difficile de savoir avec exactitude si les participants se regardent véritablement lorsqu'ils ont le buste tourné vers l'autre.

Argentin est à l'origine de la catégorisation MAP, pour Métaphoriques, Adaptateurs et Ponctuateurs [10, 11, 15]. Pour ces auteurs, les métaphoriques entretiendraient des rapports de substitution avec les éléments verbaux et les ponctuateurs des relations de contiguïté, tandis que la fréquence des adaptateurs serait directement proportionnelle aux tensions adaptatives dues à l'environnement. Les adaptateurs procèdent par adaptation du sujet à l'environnement et constitue une tentative d'adéquation à celui-ci. Les trois classes MAP varient en fonction des va-

riables de situation affectant les pratiques communicatives [11].

La catégorisation d'Ekman et Friesen (1969) comprend les adaptateurs, les ponctuateurs qui se font appelés illustrateurs bâtons et les métaphoriques que l'on retrouve sous une forme plus diffuse dans plusieurs catégories [13]. Ils décrivent également la catégorie des déictiques.

Comme l'orientation du regard a une influence sur la gestion des tours de parole [8], nous avons ajouté la classe des interacteurs.

Selon l'interaction en cours, la présence des différents comportements varie. Les métaphoriques sont plus utilisés lorsque les individus parlent d'une attitude ou d'intention ou lors de dénotation du réel [16]. Les ponctuateurs sont largement utilisés lorsqu'il est question d'une intention ou d'une attitude [16]. Les adaptateurs sont très présents lorsque les interlocuteurs expriment un état [16]. Les interacteurs cherchent à intégrer l'autre. Les métaphoriques servent à donner du sens, les ponctuateurs à compléter ou moduler les messages verbaux et les déictiques à orienter l'attention des auditeurs [9].

Parmi ces comportements les adaptateurs indiquent un repli sur soi ou des préoccupations plus internes contrairement aux autres comportements qui sont relativement communicatifs. Les adaptateurs ne seraient pas directement liés au discours. Ils exprimeraient des états émotionnels de valence plutôt négative, comme l'ennui, la peur, la gêne ou l'embarras. Les adaptateurs faciliteraient également l'isolement et l'élimination partielle des stimulations externes en permettant, par exemple, une élaboration cognitive [16].

Les comportements liés au contenu discursif sont dits "co-verbaux" ; on y retrouve les interacteurs, les métaphoriques et les ponctuateurs. Les métaphoriques illustrent un contenu discursif. Les ponctuateurs portent principalement sur des éléments argumentatifs du discours [16]. Les interacteurs régulent l'interaction et les échanges de tours de parole [8].

Pour synthétiser, certains comportements seraient typiques d'une situation sociale de communication : ponctuateurs, interacteurs et métaphoriques. Tandis que d'autres comportements indiquent plutôt un repli sur soi : adaptateurs. Quant à eux, les déictiques seraient davantage liés à la réalisation de la tâche en elle-même, puisqu'ils servent à indiquer quelque chose dans l'espace.

EXPERIMENTATIONS

Whittaker a constaté que l'effet de la médiatisation par une technologie des interactions diffère selon les tâches. Néanmoins, aucune étude n'est venue vérifier cette hypothèse. Nous nous proposons ici de comparer les taux de production des différents comportements non verbaux DAMPI lors d'interactions entre deux personnes en fonction de deux tâches différentes : une tâche de conception narrative et une tâche d'assemblage de puzzle. Les variables manipulées et les variables mesurées sont identiques dans les deux expériences.

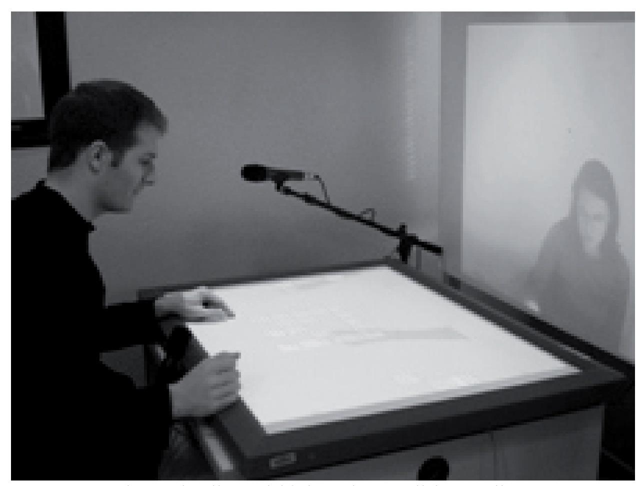


***Figure 1**:* Photo du dispositif dans la condition à distance

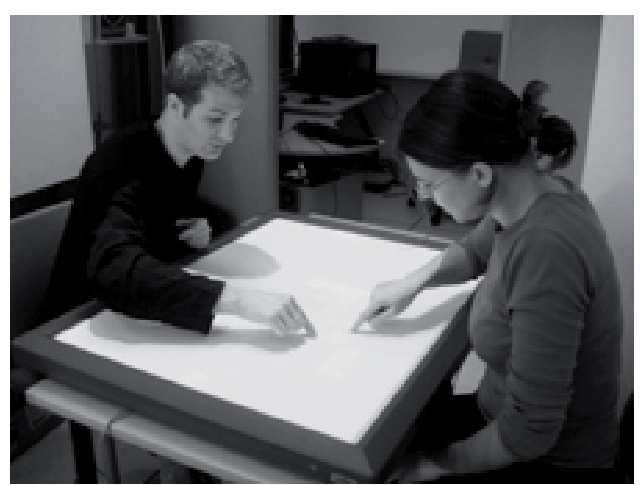


***Figure 2**:* Photo du dispositif dans la condition en co-présence

Selon les conditions expérimentales, les participants interagissaient soit à distance soit en co-présence. En fonction de cela, les dispositifs changeaient (cf. illustrations ci-contre). Lors des conditions à distance, les participants interagissaient à partir d'un dispositif qui combinait une table-écran tactile, un système de communication vidéo permettant le contact visuel et la visualisation à échelle réelle de l'utilisateur distant via un écran situé derrière la table, le son de l'interlocuteur était également retransmis (voir [17, 18] pour plus de détails techniques). Lors des conditions de co-présence, les participants interagissaient avec l'application via la table tactile, sans utiliser l'écran. Cette table permet la sélection multi-utilisateur, c'est-à-dire que les deux participants pouvaient interagir en même temps et étaient reconnus par le système comme deux utilisateurs différents. Dans toutes les conditions, les participants pouvaient s'entendre soit de vive voix soit par un système de transmission du son.

Tâche de co-conception narrative
18 dyades, soit 36 participants ont participé à cette étude. Il leur été demandé de raconter une histoire à deux à l'aide d'éléments narratifs tels que "une sorcière", "un bois", "un trésor"…Ces éléments étaient proposés via l'application (cf. Figure 3) sous forme de cubes à trois faces, qui tournaient par l'appui sur l'une des faces. Les participants devaient assembler divers éléments de leur choix afin de raconter une histoire. Les éléments choisis étaient placés sur le "fil de l'histoire" qui permettait de séquentialiser les éléments choisis. Ils avaient pour consigne de "raconter une histoire belle et cohérente ensemble".



***Figure 3**:* Application qui permettait de concevoir les histoires

Assemblage d'un puzzle
16 dyades avaient pour consigne d'assembler ensemble des puzzles de 5 éléments sur 5 représentant une fable de La Fontaine, et ce, le plus rapidement possible. Il a été choisi d'assembler un texte afin de comparer l'influence de l'orientation du matériel sur l'interaction. En effet, soit les deux participants avaient la même vue sur le matériel (condition côte-à-côte), soit ils avaient deux vues opposées (condition face-à-face).

Comparaison des deux tâches
Ces deux tâches sont de nature différente. La tâche de co-conception narrative est une tâche verbale, tandis que la réalisation d'un puzzle est une tâche spatiale. De plus, dans la tâche de co-conception narrative, les choix de l'agencement à réaliser ne sont pas prédéterminés puisque ce sont les participants qui construisent la solution. A contrario, pour le puzzle, la solution est prédéterminée puisqu'une pièce ne peut être placée qu'à un seul endroit. La première situation est un problème qualifié de mal définie tandis que la seconde est bien définie [19].

La distinction entre une tâche bien ou mal définie est essentielle. En effet, dans une tâche mal définie, les interlocuteurs vont devoir se mettre d'accord sur une solution. Ils vont chacun devoir discuter et se mettre d'accord sur une solution qui convienne aux deux partenaires. Cette tâche nécessite donc l'échange d'informations interpersonnelles et affectives et une interactivité. Comme vu précédemment, ce type de tâche nécessite l'intervention des indices sociaux issus des comportements non verbaux. Ainsi, nous pouvons faire l'hypothèse que les participants produiront davantage de comportements non verbaux lors de la tâche de conception narrative.

Plan expérimental
Lors de ces deux tâches, les deux mêmes variables ont été manipulées :

La situation d'interaction : les participants interagissaient soit en co-présence soit à distance en interaction médiatisée par l'écran de visiophonie

L'orientation du contenu : soit le contenu était présenté dans le même sens pour les deux interlocuteurs (condition côte-à-côte), soit il était présenté dans le sens opposé (condition face-à-face).

Ces deux variables sont croisées entre elles. Pour chaque étude, tous les participants passaient toutes les conditions dans un ordre contrebalancé. Ainsi, les participants passaient quatre conditions : une condition dans laquelle ils interagissaient à partir de la même table et étaient côte-à-côte (condition co-présence côte-à-côte) ; une condition dans laquelle ils étaient toujours autour de la même table mais en face-à-face (condition co-présence face-à-face) ; une condition dans laquelle les participants interagissaient à distance et le matériel (puzzle ou fil de l'histoire) se trouvait dans le même sens de lecture pour les deux participants (condition à distance côte-à-côte) et enfin une condition où ils étaient à distance mais le sens de lecture du matériel était inversé l'un pour l'autre (condition à distance face-à-face).

Pour cette dernière condition, dans la tâche de conception narrative, cela impliquait que pour l'un des participant le fil de l'histoire était dans le sens habituel de lecture et les cubes étaient lisibles à l'endroit, tandis que pour l'autre participant, le fil de l'histoire était présenté à l'envers du sens de lecture habituel. Concernant la tâche de puzzle, les participants décidaient eux-mêmes du sens de lecture, soit ils choisissaient d'orienter le sens du puzzle final sur le côté afin que chacun puisse lire en tournant la tête, soit ils choisissaient d'orienter le puzzle de telle manière à ce qu'un des participant puisse lire le texte dans le bon sens de lecture tandis que l'autre avait le puzzle à l'envers.

Les participants étaient filmés. A partir des vidéos, la durée de production des comportements DAMPI ont été recueillis. Afin de prendre en compte la variabilité des durées des sessions, les pourcentages de production ont été calculés en divisant la durée de production des gestes sur la durée de chaque session correspondante, multiplié par 100.

RESULTATS

Afin de s'assurer que les résultats obtenus seraient similaires si un autre codeur codait les mêmes données, le double codage des données à été effectué sur environ 10% des données de l'étude de l'assemblage de puzzle. La corrélation inter juges est de .94 (r (72) = .94 ; p< 0.05). Une corrélation similaire a été mesurée concernant une tâche de conception narrative lors d'une précédente étude [20] (r (111) = .93 ; p < 0,05).

Comparaison de la production gestuelle selon les tâches

Les taux de production des différents comportements non verbaux DAMPI ont été comparés selon les deux tâches étudiées.

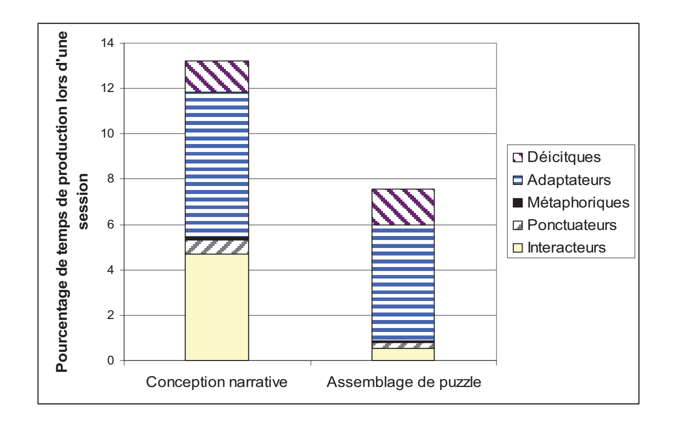


Figure 4: Comparaison entre les deux tâches des pourcentages de production des différents comportements non verbaux

	Conception narrative	Assemblage de puzzle
Déictiques	1,4 (1,7)	1,5 (1,6)
Adaptateurs	6,3 (5,2)	5,1 (6,6)
Métaphoriques	0,2 (0,3)	0,1(0,1)
Ponctuateurs	0,6 (1,4)	0,3 (0,3)
Interacteurs ***	4,7 (3,5)	0,5 (0,7)
DAMPI **	13,2 (7,3)	7,5 (6,9)
* : p < 0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001		

Tableau 1: Comparaison des pourcentages de production selon les deux situations d'interaction, écarts-types entre parenthèses

Les taux de production des différents comportements non verbaux varient en fonction de la tâche. Les comportements DAMPI ont été plus produits lors de la tâche de conception narrative (M = 13,2 ; Sd = 7,3) que lors de l'assemblage de puzzle (M = 7,5 ; Sd = 6,9), un test T de Student a été appliqué et montre des différences significatives (t (36,32;66) = 3,23 ; p < 0,05). Chaque comportement mesuré est plus produit lors de la conception narrative. Des différences significatives entre les deux tâches ont été observées concernant les interacteurs (t (36,32;66) = 0,53 ; p < 0,05).

Afin de mieux comprendre de quelle manière la production gestuelle est modifiée en fonction des tâche, nous allons regarder quels comportements sont les plus produits dans chaque tâche.

- Prévalence de certains comportements selon les tâches

	Conception narrative	Assemblage de puzzle
Déictiques	15 %	21 %
Adaptateurs	52 %	68 %
Métaphoriques	1 %	1 %
Ponctuateurs	4 %	3 %
Interacteurs	28 %	7 %
DAMPI	100 %	100 %

Tableau 3: Répartition des comportements non verbaux DAMPI selon chaque tâche

La représentation des différents comportements non verbaux DAMPI varient selon les tâches. Lors de la tâche de conception narrative, la moitié des comportements produits étaient des adaptateurs, près d'un tiers étaient des interacteurs et un sixième des déictiques. Pour la tâche d'assemblage de puzzle, les participants ont produits à presque deux tiers des adaptateurs et à un cinquième du temps des déictiques. Les interacteurs ne sont représentés qu'à 7%.

Comparaison des deux situations d'interaction : à distance versus en co-présence

	En co-présence	A distance
Déictiques **	2,26 (2,53)	0,98 (1,02)
Adaptateurs	5,69 (6,58)	5,59 (5,94)
Métaphoriques *	0,04 (0,08)	0,19 (0,52)
Ponctuateurs	0,24 (0,43)	0,59 (1,59)
Interacteurs ***	0,43 (1,08)	3,35 (4,25)
DAMPI	8,64 (7,52)	10,36 (8,28)
* : p < 0,05 ; ** : p < 0,0001 ; *** : p < 0,00001		

Tableau 1: Comparaison des pourcentages de production selon les deux situations d'interaction, écarts-types entre parenthèses

Les taux de production des comportements non verbaux considérés varient selon la situation de communication et selon les comportements. Les déictiques sont plus produits en co-présence qu'à distance. Il n'y a pas de différences selon la situation pour les adaptateurs. Concernant les métaphoriques, ponctuateurs et interacteurs, il est observé une plus grande production de ces comportements à distance qu'en co-présence. Des différences significatives ont été observées concernant les déictiques (t (56;55) = 4,26 ; p < 0,0001), les métaphoriques (t (56;55) = 2,22 ; p < 0,05) et les interacteurs (t (56;55) = 5,48 ; p < 0,00001).

▪ Comparaison des deux situations d'interaction selon les tâches

Une ANOVA a montré un effet de la tâche sur les taux de production des comportements DAMPI (F (1, 54)= 6,64 ; p < 0,05). Il y a également un effet de la situation d'interaction (F (1, 54)= 5,72 ; p < 0,05). L'interaction entre ces deux variables est significative (F (1, 54)= 14,85; p < 0,001). Les taux de production des comportements DAMPI sont similaires en co-présence que ce soit concernant la tâche de conception narrative (M = 9,2 ; Sd = 5,5) ou concernant la tâche d'assemblage de puzzle (M = 8,2 ; Sd = 8,8). Par contre, à distance la production de comportements DAMPI est nettement plus importante lors de la tâche de conception narrative (M = 14,4 ; Sd = 8,4) que lors de la tâche d'assemblage de puzzle (M = 6,9 ; Sd = 6,3).

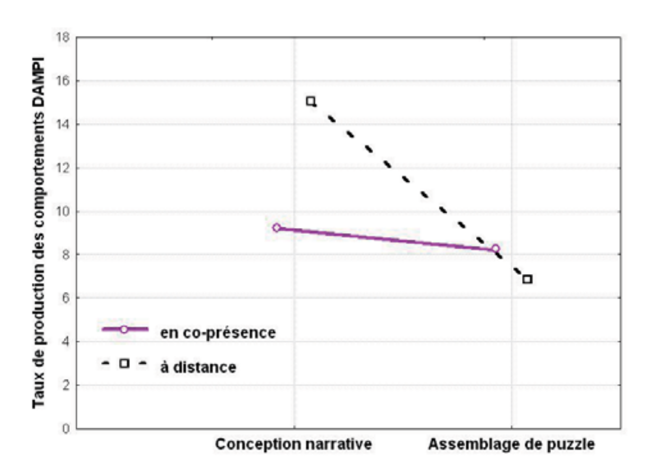


Figure 5: Comparaison des pourcentages de production des comportements DAMPI selon les deux situations d'interaction et selon les tâches

Cet effet d'interaction est également significatif concernant les interacteurs (F (1, 54)= 37,17; p < 0,0001) et adaptateurs (F (1, 54)= 5,03; p < 0,05).

Les taux de production des interacteurs sont faibles et stables en co-présence que ce soit concernant la tâche de conception narrative (M = 0,8 ; Sd = 1,6) ou concernant la tâche d'assemblage de puzzle (M = 0,2 ; Sd = 1,5). A distance, le nombre d'interacteurs explose pour la tâche de conception narrative (M = 6,1 ; Sd = 4,5) tandis qu'il reste faible pour la tâche d'assemblage de puzzle (M = 0,9 ; Sd = 1,5).

Concernant les adaptateurs, les taux de production d'adaptateurs restent relativement similaires en co-présence que ce soit concernant la tâche de conception narrative (M = 6,6 ; Sd = 4,3) ou concernant la tâche d'assemblage de puzzle (M = 5,8 ; Sd = 8,0). A distance il y a plus d'adaptateurs pour la tâche de conception narrative (M = 6,9 ; Sd = 5,7) que pour la tâche d'assemblage de puzzle (M = 4,5 ; Sd = 6,1).

Orientation du matériel : face-à-face versus côte-à-côte

	Côte-à-côte	Face-à-face
Déictiques	1,58 (2,09)	1,28 (1,69)
Adaptateurs	6,08 (6,88)	6,03 (6,83)
Métaphoriques	0,06 (0,12)	0,11 (0,24)
Ponctuateurs	0,42 (1,07)	0,51 (1,73)
Interacteurs	2,40 (3,18)	2,99 (4,33)
DAMPI	10,54 (8,37)	10,92 (9,16)
	* : p < 0,05	

Tableau 2: Comparaison des pourcentages de production selon l'orientation du matériel, écarts-types entre parenthèses

Les taux de production des comportements non verbaux selon l'orientation du matériel soit en face-à-face soit en côte-à-côte sont relativement similaires. Aucunes différences significatives n'ont été observées.

Résumé des résultats

Conformément à nos hypothèses, il est constaté plus de comportements DAMPI et d'interacteurs lorsque les participants concevaient une histoire que lorsqu'ils assemblaient un puzzle. D'autre part, ils n'ont pas produi les mêmes types de comportements. Lors de la tâche de conception narrative, les participants ont produi une plus forte proportion d'interacteurs par rapport à la tâche d'assemblage de puzzle où ils ont produits une plus forte proportion d'adaptateurs et de déictiques.
Concernant la comparaison entre les conditions de communication, on constate une plus grande production de déictiques et d'adaptateurs en co-présence, tandis qu'à distance les participants ont produits plus d'interacteurs. Lorsque les tâches sont comparées en fonction de ces conditions expérimentales, on observe qu'en co-présence la production des comportements DAMPI, interacteurs et adaptateurs restent stables tandis qu'ils varient à distance.
La production de comportements ne varie pas significativement selon l'orientation du matériel.

DISCUSSION

Ainsi, les participants se regardent davantage et produisent davantage de gestes lorsqu'ils doivent concevoir une histoire avec une autre personne que lorsqu'ils doivent assembler un puzzle à deux. De plus, dans cette dernière situation ils produisaient plus d'adaptateurs, comportements qui indiquent un repli sur soi) et de déictiques (comportement davantage lié à la réalisation de la tâche). Cela corrobore nos hypothèses concernant les différences de pattern des différents comportements non verbaux selon la nature des tâches. Cela s'explique par la nature de la tâche et donc la nature de l'activité en cours. En effet, lorsqu'ils conçoivent une histoire, les participants proposent des solutions pour les soumettre à l'approbation de l'autre, discutent les issues possibles, parfois imposent leur vision des choses. Lors de l'assemblage de puzzle, les participants n'ont pas à "négocier" les solutions puisqu'une pièce du puzzle ne peut être assemblée

qu'à une autre : ainsi, la solution est soit correcte, soit incorrecte. Nous observons donc qu'au cours de la tâche verbale mal définie, les participants ont produits davantage de comportements à visée communicative que lors de la tâche de nature spatiale bien définie.

Whittaker a constaté que l'effet de la médiatisation par une technologie des interactions diffère selon les tâches [1]. Ces différences pourraient s'expliquer par le rôle joué par les comportements non verbaux dans les interactions. Ainsi, il devrait y avoir des différences de production non verbale entre les deux types de tâches décrites par Whittaker : celles qui nécessitent l'échange d'information interpersonnelles et celles qui en nécessitent moins. Dans cet article nous avons démontré qu'il existe des différences dans la production de comportements non verbaux entre une tâche verbale mal définie de co-conception narrative et une tâche de nature spatiale bien définie d'assemblage de puzzle à deux. Au cours de la première tâche, les participants ont produits davantage de comportements et davantage à visée communicative que lors de la tâche de nature spatiale bien définie. Ainsi, la production de comportements non verbaux dépend des tâches. Aussi, il est naturel de penser que le fait d'avoir un accès visuel absent ou dégradé à(ux) autre(s) interlocuteur(s) influence la réalisation de certaines tâches plutôt que d'autres, au regard du rôle joué par les comportements non verbaux.

D'autre part, lorsque l'on regarde la différence entre les situations de communication, il est constaté en co-présence des taux faibles d'interacteurs et une augmentation de la production de déictiques. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'il est plus simple d'attirer l'attention de l'autre pour communiquer sur un objet de l'environnement en co-présence qu'à distance. Ainsi, il ne serait pas nécessaire de regarder l'autre, mais juste de faire un déictique pour lui indiquer ce dont on parle. Ainsi, le dialogue serait plus direct.

CONCLUSION

Dans la tâche verbale mal définie de co-conception narrative les participants ont produits plus de comportements non verbaux DAMPI et en particulier les comportements à visée communicative. A contrario, dans la tâche de nature spatiale bien définie d'assemblage de puzzle, les participants ont produits moins de comportements, et une plus grande proportion de comportements qui indiquent un repli sur soi et ceux qui sont davantage relié à la réalisation de la tâche.

Ainsi l'absence d'accès visuel à(ux) l'autre(s) interlocuteur(s) dégradera plus ou moins l'interaction en fonction de la nature des tâches à réaliser à distance. Pour une tâche mal définie qui nécessite une interaction interpersonnelle, le fait d'avoir un accès nul ou dégradé à(ux) interlocuteur(s) distant(s) gênera la réalisation de la tâche, tandis que la perturbation restera limitée pour une tâche bien définie qui ne nécessite pas de négociation entre les interlocuteurs.

Ce résultat a des conséquences pour la conception de nouveaux systèmes de communication médiatisées. En effet, cette étude montre qu'il est important de prendre en compte le type d'activité des utilisateurs dans la conception des systèmes. Il n'est pas nécessaire d'avoir un accès visuel à(ux) l'autre(s) interlocuteur(s) lorsque la tâche à réaliser à distance ne nécessite pas d'accès interpersonnel et que la tâche est bien définie. Par contre il est essentiel que les utilisateurs qui veulent réaliser une tâche mal définie au départ puissent se voir afin de discuter les solutions à envisager.

REMERCIEMENTS

Merci à Alexandre Pauchet et à Thomas Pithon pour avoir réalisé, respectivement : l'application qui a servi pour l'étude d'assemblage de puzzle et pour l'étude de conception narrative.

BIBLIOGRAPHIE

1. Whittaker, S., *Theories and Methods in Mediated Communication*, in *Handbook of Discourse Processes*, A.C. Graesser, M.A. Gernsbacher, and S.R. Goldman, Editors. 2003, NJ: LEA: Mahwah.
2. Lefebvre, L., L. Perron, and A. Pauchet. *Animations d'avatars dans les EVC: choix des indices non verbaux pour l'interaction*. in *2ndes journées de l'AFRV (Association Française de Réalité Virtuelle)*. 2007. Marseille, France.
3. Morley, I.E. and G.M. Stephenson, *Formality in experimental negotiations: a validation study.* British Journal of Psychology, 1970. **61**: p. 383- 384.
4. Kerbrat-Orecchioni, *L'implicite*, ed. Linguistique. 1986, Paris: A. Colin.
5. Argentin, G., *Quand faire, c'est dire.*, ed. P.e.S. humaines. 1989, Liège, Bruxelles: Pierre Mardaga.
6. Feyereisen, P., M. Van de Wiele, and F. Dubois, *The meaning of gestures: what can be unterderstood without speech?* Cahiers de psychologie cognitive - European bulletin of cognitive psychology, 1988. **8**(1): p. 3-25.
7. Masse, L., *Le thérapeute, son corps et le langage.* Psychologie française, 1999. **1**(44): p. 453-481.
8. Kendon, A., *Some functions of gaze direction in social interaction.* Acta Psychologia, 1967: p. 22-63.
9. Goldin-Meadow, S., *The role of gesture in communication and thinking.* Cognitive Sciences, 1999. **3**(11): p. 419-429.
10. Argentin, G. and R. Ghiglione, *Le système de communication*, in *L'Homme communiquant*, A. Colin, Editor. 1986. p. 171-195.
11. Argentin, G., *Le système gestuel.* Bulletin de psychologie, 1984. **37**(11-14): p. 575-583.

12. DePaulo, B.M., *Nonverbal Behavior and Self-Presentation.* Psychological Bulletin, 1992. **111**: p. 203-243.
13. Ekman, P. and W.V. Friesen, *The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding.* Semiotica, 1969. **1**: p. 49- 98.
14. Iverson, J.M. and S. Goldin-Meadow, *Why people gesture when they speak.* Nature, 1998. **396**(6708): p. 228.
15. Argentin, G., *Quand faire c'est dire….* Psychologie et sciences humaines, ed. P. Mardaga. 1989, Liège. 249.
16. Masse, L., *Aspects structurels et fonctionnels d'indicateurs gestuels dans l'analyse d'entretiens thérapeutiques.* Revue internationale de psychologie sociale, 2000. **13**(4).
17. Pauchet, A., et al. *Mutual awareness in co-localized and distant collaborative tasks using shared interfaces*. in *INTERACT 2007*. 2007. Rio de Janeiro, Brazil.
18. Pauchet, A., et al. *TableTops: worthwhile experiences of collocated and remote collaboration*. in *2nd IEEE TABLETOP Workshop*. 2007. Newport, Rhode Island, USA.
19. Richard, J.-F., *Les raisonnements pour l'action: la résolution de problèmes*, in *Les activités mentales*. 2004.
20. Lefebvre, L., L. Perron, and N. Guéguen. *L'utilisation des indices non verbaux pour l'étude des interactions sociales*. in *Congrès de la SFP*. 2007.

Évaluation de l'usage de l'exemple pour l'apprentissage de la programmation dans MELBA

Loé Sanou, Sybille Caffiau, Laurent Guittet

LISI / ENSMA Téléport 2 – 1 avenue Clément Ader BP 40109
86961 Futuroscope, France
{sanou, caffiaus, guittet}@ensma.fr

RESUME

Cet article cherche à évaluer la pertinence de l'utilisation de l'exemple dans le cadre de l'apprentissage de la programmation. Cette évaluation a été réalisée au moyen d'une expérimentation en milieu réel contrôlé. C'est à partir d'un environnement d'initiation à la programmation, MELBA, que des utilisateurs ont été amenés à suivre un protocole expérimental décrivant l'utilisation d'exemples pour réaliser des programmes. L'évaluation a porté non seulement sur la possibilité et la facilité de réalisation des tâches de programmation, mais aussi sur l'acquisition de connaissances aussi bien déclaratives que procédurales sur la programmation.

MOTS CLES : Programmation sur exemple, EIAH, Evaluation, Utilisabilité, Tests utilisateurs.

ABSTRACT

This paper describes the validation of an example-based approach to learn programming. This validation was made by a controlled experiment in real conditions. With a computer assisted learning environment, MELBA (Metaphors-based Environment to Learn the Basic of Algorithmic), users had to follow an experimental protocol that describes programming through examples. The evaluation focused not only on the feasibility and ease of programming tasks, but also on the acquisition of both procedural and declarative programming skills, which could be easily reusable with another tool.

KEYWORDS : Programming by demonstration, Computer-aided learning and teaching, Experimentations, Evaluation, Usability, User testing.

INTRODUCTION

De nombreuses études ont montré qu'il est difficile pour un non informaticien de réaliser des programmes [6]. La programmation porte non seulement sur l'apprentissage d'un langage de programmation, mais également sur la capacité à créer un algorithme de résolution de problème. Elle concerne trois types de connaissances [2] : syntaxique, sémantique et schématique. La connaissance syntaxique porte sur les éléments lexicaux et syntaxiques du langage de programmation. La connaissance sémantique se réfère aux concepts de variables, d'appel, d'objet et d'instanciation. La connaissance schématique est liée à la représentation visuelle de la solution et elle utilise les précédentes connaissances pour définir les structures génériques de solution. Pour assister le programmeur novice dans son apprentissage, plusieurs techniques ont vu le jour parmi lesquelles l'apprentissage de la programmation « basée sur l'exemple ». Cette programmation se caractérise par la manipulation d'exemples concrets pour construire un programme [14]. L'emploi d'une approche à base d'exemples pour apprendre à programmer est la caractéristique de la programmation dite « concrète ». Par opposition à l'approche « abstraite » classique, qui utilise *a posteriori* des jeux de tests pour évaluer un programme fini, une approche « basée sur l'exemple » permet de charger systématiquement un exemple de programme au démarrage [10]. L'instance d'exécution se déroule parallèlement à la conception du programme. Cette approche permet de raisonner sur l'exemple, et rétablit la notion de retour d'échos directs, permettant de ce fait une évaluation progressive du comportement du programme. Le programmeur peut manipulé l'instance d'exécution par pour créer son programme qui peut être représenté textuellement, à travers un outil de visualisation [3].

Suite aux recherches effectuées dans le but de cerner les difficultés liées à la programmation [4, 6] des solutions ont été proposées pour faciliter l'apprentissage de la programmation, tant sur le plan méthodologique que sur celui des outils [13, 18]. Le résultat obtenu est la mise à disposition de l'utilisateur d'environnements intégrant des techniques diverses permettant de faire une abstraction simple des différents concepts. La majeure partie de ces environnements propose des exemples sur lesquels le programmeur novice doit s'appuyer pour produire ses programmes. Plusieurs études ont montré la pertinence de ces systèmes, en particulier en termes de résultat final : les apprenants, et surtout les purs novices, bénéficient grandement de l'utilisation de l'outil. Mais les apprenants apprécient-t-il cette méthode ? Les systèmes peuvent être utilisés dans un mode où l'exemple est le support de l'apprentissage. Sont-ils bien utilisés dans ce mode [17] ? Afin de répondre à ces interrogations, nous avons mené une étude dans le cadre d'un cours d'initiation à la programmation. Cette étude porte sur l'environnement d'apprentissage de la programmation « basé sur l'exemple » MELBA [7] (Metaphors-based Environment to Learn the Basic of Algorithmic), qui est utilisé depuis 3 ans dans le cadre des enseignements à l'université de Poitiers.

Dans la première partie de cet article, nous présentons MELBA, système d'apprentissage de la programmation « basée sur l'exemple ». La deuxième partie porte sur l'évaluation en elle-même. Nous présentons tout d'abord la méthode utilisée, les problèmes à résoudre, et les procédures d'observation et de recueil, puis, nous analysons les données recueillies. Enfin, une discussion nous permet de débattre de l'utilité de l'exemple dans le processus d'apprentissage.

CONCEPTION ET EVALUATION DES SYSTEMES D'APPRENTISSAGE DE LA PROGRAMMATION « BASEE SUR L'EXEMPLE »

Les caractéristiques recherchées dans un système d'apprentissage de la programmation diffèrent grandement de celles des environnements de développement intégrés [16]. Les systèmes d'apprentissage de la programmation doivent permettent aux novices de gagner en expérience. Ils doivent supporter toutes les abstractions classiques de la programmation, mais en permettant de les introduire de la façon la plus progressive possible [4]. Le système d'apprentissage de la programmation est basé sur le fait que le programmeur novice ne désire pas réaliser un programme pour résoudre un problème spécifique réel, mais seulement apprendre à programmer, i.e. maîtriser ou mieux comprendre les structures de programmation ou encore mieux, d'appréhender les principes.

Connaissances actuelles et orientation des études

Les techniques liées à l'apprentissage de la programmation, et plus particulièrement à l'initiation sont décrites dans [8]. Les systèmes généralement utilisés pour l'apprentissage de la programmation intègrent un ensemble d'outils conçus dans l'optique du développement (approche qualifiée d'industrielle) et non pas dans un cadre explicitement pédagogique. Ils ont pour unique but de fournir des outils d'analyse servant de support à la conception de programmes. Une critique récurrente [15] à l'utilisation de ce type de système dans l'apprentissage est qu'il induirait implicitement un type d'apprentissage se concentrant sur les ressources et les outils proposés plus que sur les activités de l'apprenant. Une approche explicitement pédagogique s'oppose à l'approche industrielle. L'approche pédagogique vise à mettre en place des situations d'apprentissage actif, dans lesquelles les interactions de l'utilisateur avec l'environnement ont pour but premier la découverte et la construction de connaissances et non pas la réalisation d'une tâche technique. Cette approche est centrée sur l'apprenant et ses activités. Cette dénomination n'est pas associée à un domaine d'apprentissage particulier.

Un environnement d'apprentissage de la programmation basé sur exemple : MELBA

MELBA est un environnement d'initiation à la programmation et est basé sur l'exemple. C'est un système d'apprentissage organisé en trois zones : un espace qui permet de représenter et d'éditer des programmes, une zone contenant les primitives et les structures du langage de programmation utilisé, et une zone dite « pragmatique » permettant d'illustrer concrètement le programme, i.e. une zone contenant un support de scénario pédagogique auquel est lié un ou plusieurs exercices. Une approche similaire à MELBA peut être trouvée dans le système ALVIS [11]. Chaque zone est interactive et la cohérence de l'ensemble est assurée par des mécanismes de programmation sur ou avec exemple [8]. MELBA permet à l'utilisateur de prendre connaissance d'un cas (exemple) à résoudre. Il s'agit d'écrire un programme. Ce programme peut être perçu comme un modèle que l'utilisateur doit apprendre à construire (bâtir) et à animer mentalement [13]. L'utilisateur peut partir de son savoir-faire sur l'exemple et construire un programme avec l'aide du mécanisme de programmation avec exemple, ou chercher à comprendre un programme grâce à l'animation d'un exemple. MELBA propose trois modes de fonctionnement : (i) édition classique du programme (mode sans exemple) ; (ii) édition avec un programme exemple (mode avec exemple) ; (iii) l'animation du programme pas à pas (mode animé).

Evaluations menées

Sur MELBA, deux évaluations ont été menées. La première s'appliquait à un cours d'initiation à la programmation et comparait les performances d'un groupe avec MELBA à celles d'un groupe témoin ayant suivi un cursus de TD classique. Le but de la seconde expérience était de confirmer et d'affiner les premiers résultats obtenus avec l'outil. L'interprétation de ces résultats montre bien l'intérêt de l'utilisation de MELBA dans le cadre des cours d'initiation à la programmation.

Résultats

Les premiers résultats de l'évaluation de MELBA sont analysés dans la thèse de Guibert [7]. L'auteur observe que l'utilisation de MELBA entraîne un allongement d'environ 30% du temps passé sur les exercices de TD par les apprenants. Ce résultat est commun à la plupart des études quantitatives en EIAH [13]. Sur le plan de l'incidence de l'utilisation de l'outil sur le processus d'apprentissage, les résultats des expériences ont montré une amélioration de la compréhension des concepts enseignés, avec un effet accentué pour les étudiants les plus faibles. Les usages et l'importance des différents composants de l'interface de MELBA ont ensuite été qualifiés lors d'une expérimentation conduite sur un oculomètre Tobii 1750 en collaboration avec l'équipe Multicom de Grenoble. Cette expérimentation a principalement étudié l'usage des zones (différents composants de l'interface) présentes dans MELBA, et tenté de caractériser des modes d'apprentissage et non les difficultés liées à l'utilisation. Il semble intéressant de caractériser les comportements d'usage, et en particulier de vérifier si les utilisateurs tirent un bénéfice de l'usage de l'exemple dans le processus d'apprentissage.

UNE ETUDE D'EVALUATION DE L'USAGE DE L'EXEMPLE DANS L'APPRENTISSAGE DE LA PROGRAMMATION

L'étude présentée ici s'appuie sur une technique communément utilisée en évaluation, la technique d'observation. Le principe se résume à observer l'utilisateur en action et à recueillir systématiquement des données au cours de son activité [12]. Un ensemble de questionnaires pré-rédigés a permis de recueillir des données sur les sujets et d'apprécier leur degré de satisfaction. Les résultats obtenus qualitativement ont été analysés et interprétés tandis que les données quantitatives sont exploitées par analyse croisée.

Objectif de l'étude et ambition de recherche

L'étude relatée ici a pour but d'évaluer l'usage et l'utilisabilité de l'exemple dans MELBA et la facilité de compréhension des connaissances déclaratives et procédurales en programmation. Elle a complété les expériences précédentes sur MELBA dont les objectifs étaient l'évaluation de l'efficacité et l'analyse des usages de MELBA en milieu universitaire. Les résultats de l'étude ont permis d'apporter des visions sur l'amélioration des différents concepts proposés dans l'environnement et ont favorisé l'amélioration de son utilisation. L'étude a été conduite, d'un point de vue de la recherche, afin de définir l'apport de l'exemple dans la compréhension des concepts de la programmation et à la réalisation de programmes.

Le matériel utilisé

Pour les séances, MELBA a été installé dans une salle de PC sous Windows, à laquelle les sujets ont régulièrement accès pour les travaux pratiques. L'environnement de travail leur était familier et le matériel informatique ainsi que son utilisation n'étaient pas nouveaux pour eux.

L'environnement de test

L'objectif principal de l'étude étant la preuve de l'efficacité de l'exemple dans l'apprentissage de la programmation, il était indispensable de mettre l'apprenant en situation d'apprentissage actif, dans laquelle ses interactions avaient pour but premier la découverte et la construction de connaissances de programmation. MELBA a été conçu dans cette optique et est destiné à supporter les concepts fondamentaux de la programmation. Ses principales caractéristiques sont d'être un outil autonome qui propose à l'apprenant des exercices de programmation à résoudre interactivement. L'édition du programme écrit par l'apprenant ainsi que son exécution sont intégralement gérées.

Pour faciliter l'apprentissage, l'environnement de l'apprenant peut être personnalisé par l'enseignant selon l'exercice et les concepts cibles de l'apprentissage. MELBA est fait pour « apprendre à programmer » et non « pour programmer sans apprendre ». Les principaux avantages que présente MELBA dans son utilisation sont le support d'un apprentissage expérimental et son environnement adapté à l'activité pédagogique (et non l'inverse).

La méthode

L'étude a porté sur 35 étudiants en biologie niveau bac+1/bac+2 et en bioinformatique niveau bac+4. L'age des apprenants varie entre 18 et 25 ans. En fonction de leurs connaissances en informatique, nous avons identifié trois groupes d'apprenants: les « novices », les « intermédiaires » et les « avancés ». Les « novices » n'ont aucune connaissance de la programmation, mais ont reçu 12 heures de cours en initiation à la programmation. Ils représentent 51,4% de la population testée. Les « intermédiaires » ont une petite expérience de la programmation, ils possèdent quelques notions de base. En terme quantitatif, ils ont déjà bénéficié d'environ 30 heures de formation en programmation et constituent 28,6% de la population. Les 20% restants sont les « avancés ». Ils bénéficient d'une large connaissance en programmation car ils possèdent plus d'un semestre de programmation à leur actif. Les apprenants novices et intermédiaires ont assisté à une démonstration du logiciel MELBA.

L'évaluation s'est déroulée sous forme de travaux dirigés sur machine. Les apprenants avaient la possibilité d'utiliser du papier/crayon. Ils ont eu connaissance des problèmes à résoudre consignés sur papier au début de la séance et l'objectif à atteindre a été donné. Trois chargés de TD étaient à leurs dispositions pour répondre aux questions et les guider en cas de blocage. À chaque poste, était disposé un observateur. La présence de l'observateur a été bien explicitée aux apprenants afin que celui-ci ne soit pris comme un facteur mettant les étudiants « sous pression ». À la fin des séances, une mise en commun des notes a été effectuée, afin de pouvoir procéder à une analyse globale et généralisée.

Les problèmes à résoudre

Le travail demandé aux apprenants porte sur des analyses de programmes, la correction d'algorithmes et la réalisation complète de programmes, le tout en deux exercices. Le premier exercice contient une série de quatre questions et le deuxième ne contient que deux questions. Les thèmes des exercices sont inspirés de l'ouvrage de Charles Duchateau, *Images pour programmer* [5]. Les exercices sont définis de manière à pouvoir profiler la compréhension de l'apprenant afin de valider sa maîtrise des structures de contrôle en algorithmique.

Le but du premier exercice [5] (reporter des notes) est d'évaluer, et éventuellement de modifier un programme qui automatise une tâche de report de notes par un automate. Celui-ci a devant lui une pile de copies, une feuille de notes comportant une liste de noms associés à la note de l'élève, et une pile de défausse des copies (*Figure 1*). Dans un premier temps, on suppose que chaque étudiant de la liste a rendu sa copie. L'automate est capable d'exécuter un certain nombre d'opérations élémentaires comme par exemple *se placer au sommet de la liste de la*

feuille de notes, *passer à la ligne suivante* ou encore *mettre la copie du dessus sur la défausse*

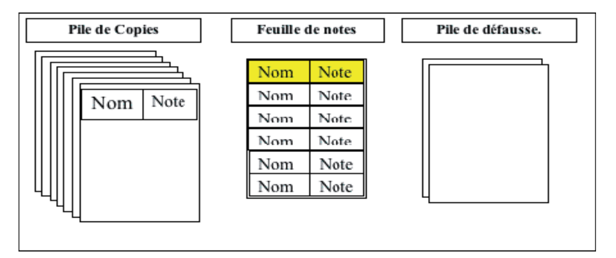


Figure 1: Schéma de l'exercice sur « Reporter des notes ».

Il est d'abord demandé à l'apprenant d'expliquer le comportement du programme fourni. L'utilisation de l'animation du programme dans MELBA est fortement suggérée. Dans une deuxième phase, une proposition de solution est demandée pour corriger des erreurs présentes dans le programme. On propose ensuite une autre version du programme, incluant de nouvelles structures de contrôle. Les tâches sont les mêmes que ci-dessus. Enfin, il est demandé à l'apprenant de proposer un programme à partir des deux exemples corrigés en admettant que tous les élèves n'ont pas rendu leur copie (cas plus complexe).

L'exercice 2 [5] a pour but l'écriture d'un programme qui automatise la tâche de remplissage de verres avec un compte-goutte. L'exécutant a devant lui un alignement de verres, tous initialement vides et de capacité égale ; un compte-goutte, initialement vide est positionné au dessus du premier verre (*Figure 2*) ; le nombre de verres, la contenance de la pipette et des verres peuvent varier. L'exécutant est capable d'opérations comme *passer au verre suivant*, *presser une goutte* ou encore *remplir le compte-goutte*.

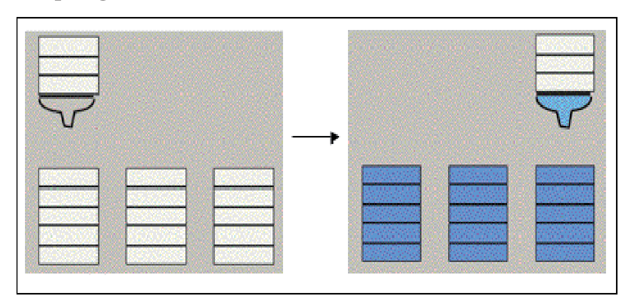


Figure 2: Schéma de l'exercice sur « le compte-gouttes ».

Il est demandé aux apprenants d'écrire un programme permettant de remplir 3 verres de taille 5 à l'aide d'un compte-goutte de taille 4. Ensuite, les sujets doivent valider leur programme avec 2 verres de taille 4 et un compte-goutte de taille 5. Une explication est demandée, puis si nécessaire une modification du programme doit être réalisée.

La procédure de test

Chaque apprenant travaille sur un poste avec à ses côtés un observateur chargé de la prise de notes lors du déroulement de la séance, suivant une consigne portant sur « que fait l'utilisateur ? » et « comment le fait-il ? ». L'observateur tient compte du but recherché et des techniques employées par l'apprenant qui fournit toujours des explications concernant ses interactions. L'observateur peut intervenir par de petites questions afin de mieux cerner les objectifs de l'apprenant, et cela sans trop le perturber. L'apprenant peut demander l'intervention d'un chargé de TD pour éclaircir des points de compréhension (l'évaluation se fait dans le cadre d'un TD classique). Le chargé de TD, dans ses interventions, prend garde à ne pas fournir des pistes de solutions réelles. Il répond en général par des explications simples d'utilisation de MELBA ou sur le fond de l'exercice. Pour chaque apprenant, il est accordé un temps limite de deux heures pour répondre aux six questions. Avant le début de la séance, l'observateur soumet une partie d'un questionnaire à l'apprenant et le reste à la fin de la séance. La première partie du questionnaire porte sur la connaissance de l'apprenant (connaissance en informatique, plus particulièrement en programmation, l'outil MELBA, etc.) tandis que la seconde partie demande son degré de satisfaction après usage d'exemples pour réaliser ses programmes.

Les données recueillies

Les données recueillies sont issues des notes des observateurs et des réponses aux questionnaires. Afin de confirmer les données de satisfaction, en particulier concernant la facilité à se servir des exemples pour comprendre la programmation, la séance de TD suivante a débuté par une évaluation des sujets et a permis l'obtention de données supplémentaires. Les notes des observateurs ont précisé les niveaux de résolution des questions ainsi que la qualité des réponses. Les temps d'exécution des tâches ont été mentionnés. Un avis comparatif de l'observateur sur la résolution des deux exercices a permis aussi de mesurer l'état d'évolution en terme qualitatif du sujet.

L'analyse des données

L'analyse des notes des observateurs concerne les aptitudes de l'apprenant non seulement à comprendre la structuration des programmes exemples et à les modifier, mais aussi à se servir de ces exemples pour écrire un nouveau programme. Elle permet aussi de calculer la fréquence d'utilisation (temps mis) des différents modes de fonctionnement de MELBA. Notre intérêt se situe par rapport à l'usage du mode synchrone et du mode animation du programme pas à pas. Le temps mis pour l'exécution d'un exemple et à l'écriture d'un nouveau programme (issu des notes temporelles), est aussi un des indicateurs de la compréhension des apprenants. L'évaluation de la satisfaction personnelle de l'apprenant est exprimée numériquement sur une échelle de 5. Le procédé utilisé par l'apprenant pour résoudre les différents exercices est interprété à partir des notes de l'observateur, des rapports des chargés de TD et des rapports d'entretien de fin de séance avec les sujets. À travers les données recueillies, des difficultés d'utilisation de MELBA ont été remarquées. Leurs analyses ont été

faites en fonction des fonctionnalités et des services proposés par MELBA.

Résultats

L'analyse des informations a permis de déterminer les tâches résolues par les apprenants et les temps mis. Les stratégies utilisées déterminent l'utilité des exemples dans la compréhension de la programmation. Les changements de mode d'exécution dans MELBA sont essentiels à la validation de l'usage d'exemples dans l'initiation à la programmation. Les entretiens avec les apprenants et des parties de notes des observateurs sur les comportements ont entraîné l'amélioration de certains aspects de l'environnement de test.

Réalisation des tâches. Sur l'ensemble des 35 apprenants, 16 ont pu répondre à toutes les questions (E1&E2), 11 se sont arrêtés à la question 1 de l'exercice 2 (E1&E2a), et 6 apprenants à l'exercice 1 (E1). Seulement 2 apprenants n'ont pas terminé l'exercice 1 (E1'). Nous avons considéré ce dernier groupe au même niveau que ceux ayant terminé l'exercice 1. Nous résumons les *taux de réalisations des tâches* en fonction des pourcentages des apprenants ainsi que les taux de solutions correcte (% correcte) sur les questions réalisées uniquement, dans le tableau 1.

Groupe	Nbre apprenants	% réalisé	% correcte
E1	8	66,7%	89%
E1&E2a	11	83,3%	95%
E1&E2	16	100%	98%

Tableau 1: Correspondance taux de réalisation (en fonction des tâches) et taux de réussite (en fonction de la réalisation).

En couplant les données des taux de réalisation avec la composition des apprenants par niveau de compétence en programmation, on obtient les taux du tableau 2. Nous remarquerons que 63,6% des apprenants qui sont arrivés à réaliser 83,3% des tâches demandées sont des « novices » (soit environ 39% des novices). Par ailleurs près de 31% des « novices » sont parvenus à réaliser tous les programmes.

Groupe	% en E1	% en E1&E2a	% en E1&E2
« Novices »	75%	63,6%	31,25%
« Intermédiaires »	12,5%	27,3%	37,5%
« Avancés »	12,5%	9,1%	31,25%

Tableau 2: Taux des sujets par groupe par rapport aux niveaux des tâches réalisées.

Nous avons analysé en profondeur ces résultats en terme de temps de réalisation, de performance stratégique et enfin sur l'efficacité de l'apprenant et le degré de compréhension de ses interactions.

- Les **performances en temps** concernent les temps mis par les apprenants par groupe en fonction des questions (les tâches réalisées). La dimension temporelle est de 2 heures pour les six questions. Les résultats sont en pourcentage de temps sur les 120 minutes. Les questions de l'exercice 1 sont notées Q1 à Q4 et celles de l'exercice 2 Q5 et Q6. Le temps considéré est une moyenne statistique des temps mis par les apprenants classés par groupe de taux de réalisation. La figure 3 ci-dessous présente l'allure d'évolution de la capacité des apprenants à résoudre les tâches. Plus les apprenants avancent dans les questions, plus le temps mis diminue. Cela signifie une avancée de la compréhension du travail et des connaissances de l'apprenant. Il ne s'agit pas d'une répétition ou d'une réplique pour faire du clonage, mais d'apprentissage en situation réelle. D'ailleurs, les exercices ont été conçus pour éviter le clonage. Plus il s'adapte à l'utilisation du système plus il avance et comprend vite. La Q3 peut être vue d'une façon relative car il s'agit d'une question relativement déductible de la Q2. C'est ce qui explique un temps faible de résolution par rapport aux suivantes.

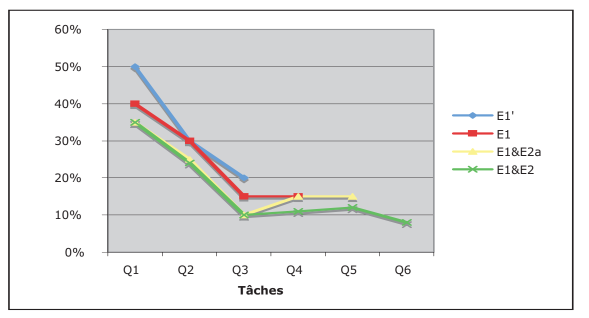


Figure 3: Courbe temporelle de résolution des tâches.

- Les **performances d'appropriation** concernent les techniques utilisées pour la réalisation des tâches. Les apprenants de niveau « avancé » ont une prise en main plus rapide que ceux de niveau « intermédiaire » et encore plus que les « novices ». L'ensemble des apprenants s'est attaqué de prime abord à la compréhension du fonctionnement de l'environnement. Quantitativement, il ressort que plus de 10% du temps mis pour la réalisation de Q1 et Q2 se rapporte à la familiarisation avec MELBA. On peut aussi mentionner qu'environ 5% du temps mis à Q5 a servi aux mêmes intentions. L'analyse des notes temporelles conduit aussi à déduire que la majorité des apprenants a passé environ 11% des temps respectifs à chaque question pour se faire une idée par une simulation animée (et aussi pour vérifier le programme écrit ou modifié, en exécution).

- **Efficacité et degré de réalisation des tâches :** les apprenants sachant qu'ils sont en expérimentation (aussi la présence de l'observateur peut être vu comme un facteur de pression), ont donné le mieux qu'ils pouvaient pour réaliser le plus possible de tâches. En termes d'indication chiffrée, l'efficacité moyenne des apprenants obtiendrait la note de 4 sur 5 avec comme critères les temps mis et les pourcentages de réalisation effectués sur l'ensemble des tâches. Le taux de réalisation conforme c'est-à-dire de programmes et réponses exactes qui est de l'ordre de 94% représente mieux cette notation et surtout le niveau

de compréhension de la programmation par les apprenants.

Stratégies et comportements observés. Pour arriver à leur fin, les apprenants ont adopté trois comportements. Si au début de la séance, de nombreuses questions ont été posées aux chargés de TD, les sujets sont devenus plus communicatifs et plus explicites avec l'observateur à l'issue des trois premières questions.

- **Recherche d'information :** la stratégie de recherche d'une information sur les structures de contrôle algorithmique était l'exploration de la barre d'outils de l'environnement. Néanmoins, il faut noter que cela a été induit par les indications des chargés de TD. Après avoir essayé d'obtenir des indications plus approfondies auprès des chargés de TD pendant la première demi-heure, plus de 90% des sujets ont adopté la technique du « bricolage ». Le bricolage se caractérise par une succession de petites modifications jusqu'à trouver une solution sans vraiment savoir comment.

- **Questions posées :** elles ont porté durant le premier quart d'heure, sur la compréhension de MELBA. Ensuite des questions sur l'ordonnancement des opérateurs prédéfinis dans l'environnement ont suivi. Seulement 5,7% ont bénéficié de réponses de la part des chargés de TD. Il s'agit des apprenants appartenants (comme par hasard) au groupe E1' (ceux n'ayant pas terminé l'exercice 1). Les chargés de TD n'ont répondu qu'à quelques-unes des questions jugeant les autres liées à la compréhension de la programmation. Les questions tournaient autour des principes de la programmation : « Comment puis-je savoir quelle boucle utiliser ? » ; « Est-ce possible d'imbriquer cette boucle avec celle là ?» ; « Pourquoi le programme ne s'arrête pas ?».

- **Changement de mode :** il concerne l'utilisation de l'environnement suivant les trois modes de fonctionnement et surtout le mode animation de programme pas à pas lors de l'écriture d'un programme. L'analyse des notes présente une utilisation du mode animé par tous les apprenants à un moment de la séance. Cependant, un mélange d'utilisation des modes de fonctionnement de MELBA est observable en fonction des questions des problèmes à réaliser. En effet, environ 20% n'ont pas utilisé d'animation à Q3 tandis que 86,85% des apprenants ayant atteint Q5 ont utilisé le mode avec exemple simultanément au mode animé. Ces résultats confirment la typologie d'usage introduite par Guibert dans [7]. Néanmoins, 12% des apprenants ont réalisé près de 20% des tâches en mode sans exemple (notamment les tâches Q3, Q4 et plus rarement Q6). Les taux des apprenants, en fonction des trois modes de fonctionnement et, suivant les questions sont résumés dans le tableau 3. Ces taux sont calculés en fonction des effectifs ayant réalisé la tâche et non en fonction de l'effectif total des apprenants. Par exemple, 33 sujets ont réalisé la tâche Q4 tandis que seulement 16 sujets ont réalisé la tâche Q6. Les taux d'utilisation de l'environnement en mode avec exemple sont élevés et peuvent donc être la cause des taux élevés de réalisation. Cette liaison de cause à effet est renforcée par les propos recueillis lors des entretiens avec les sujets à l'issue des séances. Avec ces résultats, on confirme deux profils d'utilisation de MELBA des trois profils proposés dans [7] : l'utilisation du mode avec exemple simultanément avec animation et l'utilisation du mode sans exemple avec animation. Elles sont liées aux types de tâches à réaliser. Nous y reviendrons dans la partie discussion du travail.

	« animé »	avec exemple	sans exemple
Q1 (35)	100%	94,29%	5,71%
Q2 (35)	100%	97,14%	2,86%
Q3 (35)	100%	71,43%	28,57%
Q4 (33)	100%	78,79%	21,21%
Q5 (27)	100%	92,6%	7,4%
Q6 (16)	100%	93,75%	6,25%

Tableau 3: Taux des sujets par usage des modes par question.

Les données des entretiens avec l'utilisateur. Les notes prises par les observateurs sont riches, mais ne pouvaient suffire pour qualifier au mieux la satisfaction de l'apprenant ou pour mieux comprendre ses avis sur le travail et sa façon de voir l'exemple dans la programmation. L'analyse des questionnaires après séance et des notes de l'entretien montre que plus de 70% des utilisateurs ont appris plus dans la programmation grâce à l'emploi de l'exemple. Les données quantitatives du tableau 4 illustrent l'avancée des connaissances en programmation des sujets. Nous avons fait l'analyse par rapport aux niveaux des apprenants. L'autoévaluation du degré de connaissance est sur une échelle de 5. Les taux sont en fonction des effectifs respectifs de chaque niveau.

	% avant		% après	
	< 3	>= 3	< 3	>= 3
« Novices »	83,3%	16,7%	27,8%	72,2%
« Intermédiaires »	60%	40%	20%	80%
« Avancés »	0%	100%	0%	100%

Tableau 4: Pourcentage des notes d'auto évaluation.

Ces données d'auto évaluation des sujets ne sont pas aussi significatives sur le plan quantitatif pour les sujets « avancés », mais très intéressantes qualitativement par rapport à leur retour d'évaluation. Près de 85% des « avancés » ont jugé l'usage de l'exemple beaucoup plus compréhensif dans la structuration de programme et 35% trouvent l'usage de MELBA peu complexe pour un « novice ». Sur cette question, 82% des « novices » trouvent l'environnement adapté mais près de 20% affirment s'être perdu au départ dans la compréhension de construction de programme.

- **Difficultés avec le protocole :** d'une manière générale, qu'il s'agisse des observateurs ou des apprenants, le protocole était simple à suivre hormis le fait de ne pas pouvoir assister l'apprenant lors de certaines difficultés de manipulation dans MELBA. En revanche, 27% des par-

ticipants ont trouvé que les questionnaires d'avant et après séance étaient limités et ne permettaient pas d'exprimer entièrement leur retour d'expérience sur le plan qualitatif. Certains des sujets (environ 17%) auraient souhaité une initiation avant séance à MELBA.

- **Suggestions d'amélioration :** elles portent pour la plupart sur l'environnement. Seuls 17,14% des sujets ont eu une satisfaction entière concernant MELBA. Des difficultés comme *« la suppression de boucle dans un programme sans affecter la suite du code »*, *« le déplacement impossible d'instruction dans la structure du programme »* ou encore *« la non disponibilité d'aide contextuelle »* sont les principaux reproches recueillis. L'analyse qualitative de ces informations permet de jeter une perspective d'amélioration de MELBA lui même.

DISCUSSION

Les résultats exposés ici sont tirés des données et informations recueillies lors de l'expérimentation. Les aspects méritant une discussion plus approfondie peuvent être l'auto-évaluation des sujets, les types d'exercices choisis et surtout la non comparaison avec un groupe témoin ayant travaillé à la réalisation des mêmes tâches sans utiliser MELBA ou d'exemples pour répondre aux questions. Il est facile de justifier le choix des exercices par le fait que ces mêmes exercices ont servi, avec d'autres sujets, à la validation de MELBA et que sur le plan pédagogique, ils ont fait leur preuve dans les cours d'initiation à l'algorithmique. Une première étude faite dans [9] permet une comparaison avec un groupe témoin dans le cadre de la validation de l'environnement MELBA. Ces résultats pouvaient être utilisés pour une éventuelle comparaison. Au vu de notre objectif qui n'est pas de la validation, mais plutôt l'évaluation de la maîtrise des techniques et principes de la programmation à partir d'exemples, il est plus judicieux de se limiter à l'évaluation de la performance et de l'efficacité des apprenants à partir de l'environnement.

Utilité et utilisabilité de l'exemple dans MELBA

L'expérience que nous avons menée n'avait pas un objectif lié à la qualité du système logiciel testé, mais beaucoup plus en référence avec l'utilisateur dans le but de suivre sa compréhension de la programmation au travers d'exemples de programmes exécutés. Il apparaît clairement à travers les chiffres observés que la capacité de l'exemple à aider à l'accomplissement de la réalisation d'un programme par un apprenant est élevée. L'efficacité de l'utilisation de l'exemple dans l'apprentissage de la programmation est bien montrée et la satisfaction des sujets fait référence au niveau de confort ressenti par l'utilisation du concept. Même si on pouvait supposer quelques difficultés lors de l'apprentissage, réduisant ainsi l'efficience de production du résultat, il n'en demeure pas moins que la performance à réaliser des programmes est acceptable, voire très satisfaisante. On pourrait débattre du fait que cette performance dépend des sujets et même des conditions, mais existe-t-il un protocole clair, précis et rigoureux permettant de faire ce genre de tests sans que ces facteurs n'influent ?

Le recours à l'utilisation d'un logiciel spécifique dédié à l'apprentissage de la programmation a été défendu, mais le passage de l'apprenant à un véritable environnement professionnel pourrait être plus difficile, peut-être entraînant la perte du gain au départ ?

L'utilisabilité de l'exemple dans l'apprentissage de la programmation peut être définie comme étant la capacité à réaliser des programmes à partir d'exemples réels de programmes. Nous ne mesurons que le résultat obtenu. Le facteur fondamental de la qualité de la performance pour atteindre l'objectif est la réussite des tâches, i.e. la résolution claire et bien compréhensible du problème posé. Un autre facteur de l'utilisabilité est la satisfaction. Ce facteur n'a pas la même importance dans le contexte d'évaluation professionnel de la technique d'utilisation de l'exemple que dans le contexte personnel de l'apprenant. Dans notre cas, l'apprenant avait la possibilité de se restreindre au mode sans exemple et même sans animation. Pour terminer sur l'efficience et l'efficacité de l'exemple dans l'apprentissage de la programmation, nous dirons que les apprenants ont fourni un minimum d'efforts de compréhension pour produire des programmes demandés à partir d'exemples. Le rendement du comportement d'usage des apprenants est aussi significatif.

Quelques points méthodologiques

L'analyse qualitative de l'étude a montré l'efficacité de l'approche d'initiation à la programmation à partir d'exemples. Les exercices d'analyse et de correction de programme ont permis aux sujets d'appréhender à leur façon les structures de programmation. L'analyse des tâches à réaliser et la fixation en termes de pourcentage des réalisations et des succès de réalisations permettent une orientation, en fonction des apprenants de confirmer la facilité de l'apprentissage et de la mémorisation des connaissances de la programmation à partir d'exemples. L'évaluation personnelle faite avant et après a permis de définir aussi la nature du processus intellectuel de compréhension de la programmation à partir d'exemples.

Au vu des résultats obtenus par rapport au changement de mode dans MELBA, on pourrait dire que les types d'usage sont fonction des tâches à réaliser et non du souci de bonne compréhension des principes de la programmation. En effet, il existe des différences de nature entre les tâches. Par exemples, les tâches Q1 et Q3 consistent à corriger un programme existant ce qui implique qu'une exploration du programme pour le comprendre est essentielle. À l'inverse, dans les tâches comme Q4 ou Q5, le programme manipulé est celui de l'utilisateur, construit progressivement et ne nécessitant donc pas une exploration approfondie pour sa compréhension.

Une amélioration du protocole est envisageable pour une autre expérimentation du même sujet, mais à travers

d'autres exercices. Cette amélioration peut être du côté de la définition des techniques d'observation des apprenants. Dans l'environnement, une incorporation d'un timer mesurant les temps de travaux sur chaque mode (qu'il reportera au fur et à mesure des exécutions dans un fichier) sera plus efficace et plus précise que la prise de notes manuelle. Encore plus efficace serait l'utilisation d'outil comme MORAE[1] permettant d'observer et d'enregistrer les interactions des apprenants avec l'application et d'analyser les données (MORAE Manager). Une initiation de manipulation ou de familiarisation à l'environnement est aussi possible pour augmenter la performance des apprenants. Cela pourrait diminuer le facteur « frustration » [1] de l'apprenant lors des débuts des séances.

CONCLUSION

La programmation « basée sur exemple » est un paradigme particulièrement séduisant dans l'optique de l'initiation à la programmation. L'usage de l'exemple permet à l'apprenant de présenter les informations de son programme dans sa logique d'activité à partir de l'exemple. Dans cette expérimentation, des observations et des entrevues mettent en exergue l'usage de l'exemple dans l'apprentissage. L'utilisation d'exemples permet à l'apprenant de raisonner sur des exemples concrets, et elle rétabli la manipulation directe, i.e. écho immédiat sur la réalisation effective d'une tâche de programmation [2], permettant de ce fait une évaluation progressive du comportement du programme réalisé. Cette dimension est cruciale pour permettre la construction et la consolidation des modèles mentaux par l'apprenant. Le retour immédiat fourni par l'exemple permet à l'apprenant de construire ses modèles mentaux de façon expérimentale, en les testant et en les complétant au fur et à mesure (difficilement montrable par les chiffres), validant ainsi l'efficacité de l'exemple dans l'apprentissage de la programmation.

MELBA est original pour l'initiation à la programmation car il combine les deux approches « avec » et « sur » exemple, pour s'adapter au public le plus large possible, ayant des styles d'apprentissage différents.

REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement Nicolas GUIBERT, auteur de l'environnement MELBA et aussi pour les expériences de sa validation et de son usage. Nos remerciements vont aussi aux étudiants de M1 de l'IUP GPhI et L1/L2 de Biologie, de l'Université de Poitiers, et à Gaëlle Largeteau, chargée de TD.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bednarik, R., Myller, N., Sutinen, E., and Tukiainen, M., *Effects of Experience on Gaze Behavior during Program Animation*. In *Proceedings of Psychology of Programming Interest Group Workshop* 2005, University of Sussex, UK, pp. 49-61.
2. Blackwell, A. *What is Programming?* In *Proceedings of PPIG Workshop* 2002, Brunel University, UK, pp. 204-218.
3. Booth, S. *Learning to program,* University of Gothenburg, 1993, 308 pages.
4. Canfield S,D., Cypher, A. and Tesler, L. *Novice Programming Comes of Age*. In *[14]*, pp. 7-19.
5. Charles DuChâteau, J.A. *Images pour programmer.* De Boeck, 2002, 250 pages.
6. Du Boulay, B. *Some Difficulties of Learning to Program*. In *[18]*, pp. 283-299
7. Guibert, N. *Validation d'une approche basée sur l'exemple pour l'initiation à la programmation*, Thèse de l'Université de Poitiers, 2006, 246 pages.
8. Guibert, N., Girard P., Guittet L. *Example-based Programming: a pertinent visual approach for learning to program*. In *Proceedings of AVI* 2004, Gallipoli, Italy, ACM, pp. 358-361,
9. Guibert, N., Guittet, L., Girard, P. *Validation d'une approche "basée sur exemples" pour l'apprentissage de la programmation*. In *IHM 2005,* Toulouse France, pp. 147-154.
10. Halbert, D. *Programming by Example*, Xerox Office Systems Division Technical Report OSD-T8402, Berkley, 1984, 121 pages.
11. Hundhausen, J.L. *What You See Is What You Code.* In *Journal of Visual Language and Computing*, Academic Press, 2007, pp. 22-47.
12. John, B.E. and Kieras, D.E. *Using GOMS for User Interface design and Evaluation: Which Technique?* In *ACM Transaction on Computer Human Interaction*, 1996, pp. 287-319.
13. Kahn, K. *How Any Program Can Be Created by Working with Examples*. In *[14]*, pp. 21-44.
14. Lieberman, H. *Your Wish is my command*. Morgan Kaufmann, 2001, 416 pages.
15. Mancy, R. *Aspect of Cognitive Style and Programming.* In *Proceedings of PPIG Workshop* 2004, Carlow, Irland, pp. 1-9.
16. McDaniel, R. & Myers, B. *Gamut : Creating Complete Applications Using Only PbD.* In *Proceedings of CHI'99.* pp. 442-449.
17. Pane *A programming System for Children that is Designed for Usability.* PhD, Thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh PA*,* 2002, 190 pages.
18. Soloway, E. & Spohrer, C.J. *Studying the Novice Programmer*. Lawrence E. A, 1988, 504 pages.

[1] http://www.techsmith.fr/morae/features.asp

⁂

FACTEURS HUMAINS, PERFORMANCE, SECURITE

⁂

Vers des approches non prescriptives de la fatigue : une application dans le domaine de l'aviation civile

*Philippe Cabon**
*Régis Mollard**
*Franck Debouck***
*Laurent Chaudron****
*Jean-Yves Grau*****
*Stéphane Deharvengt******
*Marion Wolff **

* Ergonomie, Comportement et Interactions (EA 4070)
Université Paris Descartes
45 rue des Saints-Pères
75 270 Paris Cedex 06
philippe.cabon@univ-paris5.fr

** Air France Consulting
*** ONERA
****SYNRJY
***** DGAC/DAST

RESUME
Cet article présente les premières étapes d'un projet visant à mettre en place un système de gestion du risque fatigue dans les compagnie aériennes. Ce système, qui va devoir être mis progressivement en place par les compagnies aériennes européennes va leur permettre de demander des dispositions spéciales, par exemple des repos réduits à condition que le système mis en place prouve que la sécurité est maintenue à un niveau acceptable.

MOTS CLES : Fatigue, sécurité, horaires de travail, aéronautique.

ABSTRACT
This paper describes the early stages of a project aiming at implementing a fatigue risk managing system in airlines. This system, that will be progressively implemented in European airlines will allow them to benefit from special disposition, such as the use of reduced rest, provided that the system shows that safety is maintained at an acceptable level.

KEYWORDS : Fatigue, safety, hours of work, aeronautic.

INTRODUCTION
La fatigue des équipages de l'aviation civile est reconnue comme étant un facteur de risque primordial tant sur le plan de la sécurité des vols que de la santé [2]. Le National Transport Safety Board classe ce facteur de risque parmi les 10 « *most wanted Transportation Safety Improvements* ». Le même organisme considère que les réponses apportées jusqu'à présent ne sont pas acceptables. Dans les dernières années, de nombreux travaux ont permis d'identifier les principaux facteurs contributifs à la fatigue des équipages, en particulier le décalage horaire, vols de nuit, durée des vols (vols long-courriers) [4, 9], vols multi-étapes, levers tôts (vols court-courriers) [3, 8]. Parmi les manifestations de la fatigue les plus reportées, on trouve des modifications du niveau d'éveil allant jusqu'à des périodes d'endormissements incontrôlés (microsommeils)[4].

Traditionnellement, la prévention de la fatigue dans les compagnies aériennes passe par une approche prescriptive encadrant les limitations des temps de service et de calcul de temps de repos minimum. Cette démarche trouve ses origines au début du 20ème siècle et était adaptée à la fatigue physique qui tend à s'installer et à diminuer de manière linéaire. Elle semble l'être beaucoup moins pour les activités modernes et à la fatigue mentale dont la dynamique présente un caractère non linéaire [6]. Très peu de ces réglementations s'appuient sur des critères chronobiologiques [5]. Cette approche prescriptive peut d'ailleurs conduire parfois à des situations paradoxales, générant un accroissement du risque de fatigue. C'est le cas par exemple des règles relatives au renfort des équipages en vols long-courriers qui peuvent amener à renforcer un vol de jour parce que sa durée dépasse de quelques minutes la limite réglementaire et qui ne renforcent pas un vol de nuit, bien plus fatigant, car sa durée est inférieure de quelques minutes à la limite réglementaire. Ceci illustre assez bien l'inconvénient majeur des réglementations qui édictent des règles générales essentiellement fondées sur des durées de service sans considérer la dimension temporelle qui joue un rôle essentiel dans la fatigue et dans sa récupération.

Cette approche prescriptive va progressivement évoluer pour laisser la place à des approches centrées sur le risque regroupées sous l'appellation Système de Gestion de la Sécurité du Risque Fatigue (SGS-RF). Ce SGS-RF est défini par l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI) comme une « *alternative scientifique s'appuyant sur des données aux limitations prescriptives des temps de vols et de service et qui forme une partie du Système de Gestion de la Sécurité de la Compagnie et implique un processus continu de suivi et de gestion du risque fatigue* » En France, l'instruction du 2 Mai 2007 relative aux exigences en matière de repos des équipages précise les conditions de la mise en place d'un SGS-RF par les Compagnie Aériennes. Ce SGS-RF est destiné à assurer un niveau de sécurité équivalent aux règles prescriptives de l'EU-OPS au regard du risque fatigue. Il n'est obligatoire que pour les dispositions relatives aux repos réduits, les services fractionnés et les extensions de temps de service au-delà des limites prescrites. Le principe de ce SGS-RF a déjà été appliqué à l'étranger, notamment par Air New Zealand [15], par Singapore Airlines pour l'introduction des vols Ultra Long Courriers qui dépassaient les limites réglementaires [14], par Easy Jet pour la mise en place de nouvelles rotations en court-courrier [16]. Le concept de SGS-RF est également en cours d'implémentation par les autorités de l'aviation civile Australienne [6] afin de proposer aux compagnies aériennes la mise en place d'un système comme une alternative aux limitations de temps de service. Ces systèmes ont le point commun d'utiliser des modèles prédictifs de la fatigue qui ont connu un développement important dans les dernières années. Ces modèles – on en compte une dizaine actuellement – permettent de prédire la fatigue et/ou le sommeil à partir des horaires de service. Ils ont fait l'objet de nombreuses études de validation [13] et reposent pour la plupart sur des bases théoriques communes, à savoir la théorie des 3 processus [13]: un processus homéostasique (la fatigue augmente avec la durée de la veille), un processus chronobiologique (la fatigue varie au cours des 24 heures), et un processus inertie du sommeil (le niveau d'éveil tend à augmenter progressivement dans les minutes qui suivent le réveil). Certains de ces modèles s'appuient sur de nombreuses données recueillies en laboratoire et/ou en situations réelles.
Les difficultés principales associées à la mise en oeuvre de ces SGS-RF concernent l'aspect multifactoriel de la fatigue (en particulier les facteurs individuels) et le caractère non linéaire du lien entre la fatigue et la sécurité [1]. En effet, s'il existe des outils de plus en plus validés pour mesurer le risque de fatigue, l'impact de la fatigue sur la sécurité est plus complexe à établir.

En France, la Direction Générale de l'Aviation Civile a lancé à la suite d'une étude de faisabilité [12] un projet visant à établir les bases scientifiques permettant l'implémentation de ce système pour les compagnies aériennes françaises. Le projet, dénommé STARE (Sécurité du Transport Aérien et gestion du Risque fatiguE[1]) est mené par un consortium regroupant des partenaires experts dans la sécurité aérienne et les Facteurs Humains. Il est conduit en partenariat avec 3 compagnies aériennes françaises, Airlinair, Britair et Regional et un constructeur, Airbus.
Cet article présente les grandes lignes de ce projet et en discute les perspectives

LE PROJET STARE : UNE APPROCHE MULTI-DIMENSIONNELLE DU RISQUE FATIGUE

La méthodologie développée dans le contexte du projet est présentée sur la figure n°1. Compte tenu de l'avancement du projet, seuls quelques résultats sont présentés concernant l'analyse des plannings en particulier le risque de fatigue associé aux repos réduits.
Le principe général est d'identifier, à partir d'une analyse chronobiologique des plannings sur 12 mois des équipages (pilotes et équipages de cabine), des séquences associées à un risque élevé de fatigue et des séquences associées à un risque faible de fatigue. La première étape consiste à appliquer 12 critères de pénibilité sur les plans chronobiologiques et sociaux (tableau 1) permettant d'évaluer un niveau de contraintes en termes de fatigue mais aussi d'interactions avec la vie sociale et familiale.

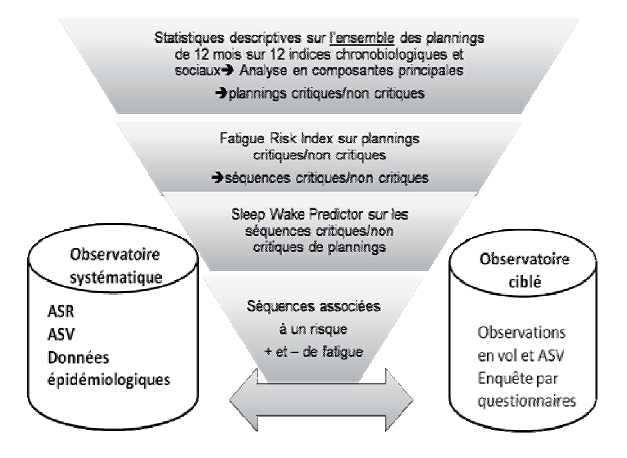


Figure n°1. Méthodologie adoptée dans le projet STARE.

Ces critères seront ensuite étudiés à l'aide d'une analyse exploratoire multivariée : une Analyse en Composantes Principales standard (ACP). L'ACP appelée également analyse des corrélations ou analyse géométrique des données permet de « visualiser » dans des espaces géométriques (« nuages ») les proximités ou oppositions de variables, lesquelles permettront d'interpréter ensuite les regroupements de sujets en termes de profils de comportements [11] [17]. C'est à partir de cette ACP que sont retenus les plannings pré-

[1] http://www.biomedicale.univ-paris5.fr/LAA/STARE/index.htm

sentant les profils les plus critiques et les moins critiques du point de vue de l'ensemble de ces critères.

- Indices chronobiologiques
  - % de nuits courtes inférieures à 8 heures 45
  - % de nuits courtes inférieures à 11 heures
  - % de services fractionnés
  - % de services commençant plus tôt que le précédent
  - % de services commençant avant 6h00
  - % de séries de plus de 5 services consécutifs
  - Nombre moyen de vols par service
- Indices sociaux
  - % de soirées libres
  - % de samedis libres
  - % de dimanches et fériés libres
  - % de week-ends libres
  - % de découchés

Tableau 1. Liste des 12 critères de pénibilité « chronobiologiques » et « sociaux » appliqués pour l'analyse des plannings et la sélection des plannings « favorables » et « non favorables ».

Les étapes suivantes consitent à réaliser une évaluation de la fatigue de ces plannings à partir de modèles prédictifs. Dans le contexte du projet STARE, deux modèles sont utilisés, le Fatigue Risk Index (FRI) [7] pour l'identification des périodes les plus critiques sur des plannings de 12 mois et le Sleep Wake Predictor (SWP) [1] pour une analyse plus fine appliquée aux périodes critiques identifiées avec le FRI. Ce dernier modèle exprime la probabilité d'atteindre un niveau de somnolence considéré comme inacceptable. La figure n°2 présente, pour une compagnie, la distribution des scores de FRI associés à l'ensemble des services suivants un repos réduit. On constate une forte variabilité du risque de fatigue associée à ces repos réduits, de 4,05 à 42,76. Cette forte variabilité s'explique essentiellement par l'enchaînement de ces repos réduits à l'intérieur d'une séquence de rotation et par l'effet cumulatif qui en résulte. Les services avec repos réduits associés aux niveaux de risques les plus faibles sont des services isolés ou survenant après des services moins pénibles. Les niveaux les plus élevés concernent au contraire des succsessions de repos réduits ou des repos réduits survenant après des services fatiguants (services matinaux en particulier). Dans la perspective d'un système de gestion du risque fatigue, ce résultat montre toute l'importance d'une gestion des plannings qui prenne en compte les successions de rotations et non pas des rotations isolées.

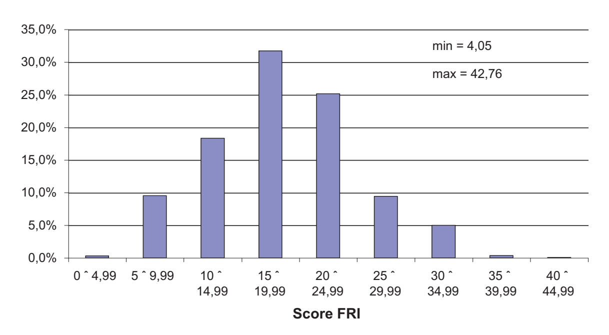


Figure n°2. Distribution des scores FRI obtenus après des repos réduits

A partir de l'analyse chronobiologique des plannings des corrélations sont recherchées avec les indicateurs de la sécurité existants dans les compagnies aériennes (observatoire systématique): les Air Safety Reports (ASR) qui sont remplis obligatoirement par les équipages à la suite de certains événements, les Analyses Systématiques de Vols (ASV) qui consistent à identifier dans les enregistrements de paramètres de vols des éléments relatifs aux risques. Des données épidémiologiques visant à appréhender à la fois des manifestations aigües (accidents du travail par exemple) ou des manifestations chroniques (par exemple : absentéisme, prise de vacances ou de repos compensateurs, temps partiel,…) viendront compléter l'étude pour l'évaluation de l'impact des plannings sur la santé.
Parrallèlement un observatoire ciblé est est en cours de mise en oeuvre. Celui-ci comporte une enquête par questionnaire diffusée sur un site web, un suivi du sommeil et de la fatigue et des observations en vol. Cet observatoire ciblé a pour objectifs de mieux cerner les facteurs contributifs à la fatigue liés au contexte de l'activité et les conséquences de la fatigue sur l'activité et le risque.

UN EXEMPLE D'APPLICATION POSSIBLE DE LA DEMARCHE STARE DANS UN SGS-RF D'UNE COMPAGNIE AERIENNE

Compte tenu de la pression de la compétitivité et de la nécessité de faire face à une concurrence de plus en plus forte, la mise en place d'une nouvelle rotation constitue un besoin concret des compagnies aériennes. La figure n°3 illustre le processus qui pourrait être appliqué dans le contexte d'un SGS-RF. La première étape consistera à évaluer cette nouvelle rotation d'un point de vue chronobiologique à l'aide d'un modèle prédictif. Si le risque dépasse une valeur seuil, la rotation n'est pas considérée comme acceptable et doit faire l'objet de modifications. Dans le cas contraire, la rotation est implémentée tout en faisant l'objet d'un suivi systématique à partir des indicateurs de sécurité identifiés dans l'étude. De manière à approfondir et compléter les résultats fournis par ces indicateurs, des observations ciblées seront réalisées sur un échantillon

de vols. En fonction de l'ensemble des résultats obtenus, des recommandations sont mises en place. Celles-ci peuvent être de natures organisationnelles telles que des mesures de compensation (durée majorée du repos précédant ou suivant la rotation, limitation du nombre d'étapes,…) ou individuelles telles que des recommandations sur l'hygiène de vie à l'attention des équipages,….

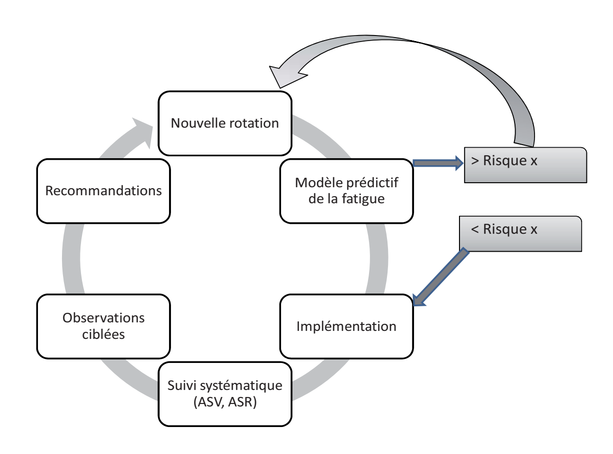


Figure 3. Principe du SGS-RF appliqué à la mise en place d'une nouvelle rotation.

CONCLUSION – PERSPECTIVES

Même si le SGS-RF peut constituer une réponse efficace pour une gestion proactive des plannings permettant de prévenir la fatigue des équipages, il n'en demeure pas moins que la fatigue peut provenir de sources extérieures au travail (vie sociale et familiale, hygiène de vie personnelle,….). Il existera donc toujours un risque de fatigue résiduel qu'il sera impossible de supprimer. On doit donc considérer que la fatigue est une source de variabilité normale de la performance du système au sens où Hollnagel [10] l'entend au travers du modèle FRAM (Functionnal Resonance Accident Model). Ce modèle postule que les accidents « émergent » de la résonnance entre les variabilités de différentes fonctions du système. Appliqué au risque fatigue, le but du SGS-RF est donc non seulement de mesurer et de réduire la variabilité liée à la fatigue mais aussi d'identifier dans le système d'autres sources de variabilité susceptibles d'interagir avec la fatigue de l'équipage. A partir de cette analyse systémique il est alors envisageable de proposer les barrières efficaces à la prévention des risques liés à la fatigue. Au-delà l'analyse chronobiologique des plannings, le projet STARE devra donc répondre à de nombreuses questions de recherche visant à mieux décrire les mécanismes liés au risque fatigue et à sa répercussion sur la sécurité et la santé.

Outre les bases scientifiques qu'il est nécessaire de développer, le SGS-RF, pour qu'il atteigne ses objectifs, doit s'appuyer sur un engagement clair de l'ensemble des acteurs, direction et navigants. Les questions relatives à la fatigue sont du ressort de l'organisation mais aussi des salariés eux-mêmes. Il est donc essentiel que ce SGS-RF soit accompagné d'une sensibilisation, voire d'une formation à tous les niveaux de l'organisation. Les agents en charge de la planification devraient notamment bénéficier de formations aux principes de base de la chronobiologie et des mécanismes du rythme veille-sommeil. Les premiers entretiens menés avec ces agents dans le contexte de ce projet confirment d'ailleurs ce besoin.

Ce travail se pousuit actuellement par une analyse plus détaillée de l'activité des agents de plannings visant à mieux comprendre leurs contraintes, leurs marges de manoeuvres dans la construction des plannings et leurs principaux besoins. A la suite de cette analyse, des séances de travail collectifs vont être organisées avec les agents afin de tester l'utilisation et la pertinence des modèles prédicitifs dans le contexte d'un futur SGS-RF.

A partir de cette démarche il est possible de rechercher les réponses adaptées à tous les niveaux concernés de l'organisation. Elle constitue de ce fait une manière de mieux gérer les conflits entre productivité et sécurité et pourquoi pas, à terme, de mieux les concilier.

BIBLIOGRAPHIE

1. Åkerstedt, T., Folkard, S., Portin, C. (2004). Predictions from the three-process model of alertness. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 75 (3), section II, A75-A83.

2. Bourgeois-Bougrine, S., Cabon, P., Gounelle, C., Mollard, R., & Coblentz, A. (2003). Perceived Fatigue for Short- and Long-Haul Flights: A Survey of 739 Airline Pilots. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 74, 10, 1072-1077.

3. Bourgeois-Bougrine, S., Cabon, P., Mollard, R., Coblentz, A., & Speyer, J.J. (2003). Fatigue in aircrew from short-haul flights in civil aviation: the effects of work schedules. *Human Factors and Aerospace Safety: An International Journal,* 3(2), 177-187.

4. Cabon, P., Coblentz, A., Mollard, R., & Fouillot, J.P. (1993). Human vigilance in railway and long-haul flight operation. *Ergonomics, 36*(9), 1019-1033.

5. Cabon, P., Bourgeois-Bougrine, S., Mollard, R., Coblentz, A., & Speyer, J.J. (2002). Flight and Duty Time Limitations in Civil Aviation and Their Impact on Crew Fatigue: A comparative Analysis of 26 National Regulations. Human Factors and Aerospace Safety: An International Journal, 2, 4, 379-393.

6. Dawson, D., McCullough, K. Managing Fatigue as an Integral part of a Fatigue Risk Management System. ISASI, 2004.

7. Folkard, S., Robertson, K.A., Spencer, M.B. (2007). A Fatigue/Risk Index to assess work schedules. Somnologie, 11 (3), 177-185.

8. Gander, P.H., Graeber, R.C., Foushee, H.C., Lauber, J.K. & Connell, L. (1988). Crew factors in flight operations : II. Psychophysiological responses to shorthaul air transport operations (NASA Technical Memorandum 89452). Moffet Field, CA : NASA-Ames Research Center.

9. Graeber, R.C. (1986). Sleep and Wakefulness in International Aircrews. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 57 (12, suppl.), B1-B64.

10. Hollnagel, E. (2004). Barriers and accident prevention. Aldershot, UK: Ashgate. 226 p.

11. Le Roux, B., & Rouanet, H. *Geometric Data Analysis*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004.

12. Mollard, R. Cabon, P. Normier, V., Debouck, F., Grau, J.Y.- Analyse de la problématique scientifique et opérationnelle liée aux repos réduits et aux temps de service étendus pour les personnels navigants français Lot 5 : Rapport de synthèse. Proposition de mise en place d'un observatoire Fatigue – Sécurité. Paris : DOC. AA537/2006 (septembre 2006)

13. Neri, D.F., Nunneley, S.A., eds, Proceedings of the Fatigue and Performance Modeling Workshop. June 13-14 2002, Seattle, WA, Aviation, Space and Environmental Medicine. Vol 75 (2, section II), 2004, Aerospace Medical Association.

14. Spencer, M. Robertson, K. The application of an alertness model to ultra-long-range civil air operations. Somnologie 11:159–166 (2007)

15. Signal, T. L., Ratieta, D., Gander, P. H. (2008). Flight crew fatigue management in a more flexible regulatory environment : an overview of the New Zealand aviation industry. Chronobiology International, 25 (2&3): 373-388).

16. Stewart, S. An Integrated System for Managing Fatigue Risk Within a Low Cost Carrier. In : proceedings of the International Aviation Safety Seminar, Flight Safety Foundation, October 23-26, 2006, Paris, France.

17. Wolff, M., Apports de l'analyse géométrique des données pour l'analyse de l'activité. In J.-C.. Sperandio & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie,* Paris, PUF, 2003, pp. 195-227.

La stabilité humaine dans la conduite des transports guidés: vers un indicateur de risques

Philippe Richard[1] - Frédéric Vanderhaegen[1] - Rudy Dahyot[1] - Vincent Benard[2]

[1] LAMIH UMR CNRS 8530 – SHM
UVHC – Le mont Houy
59313 Valenciennes Cedex 9
{philippe.richard, frederic.vanderhaegen,
rudy.dahyot}@univ-valenciennes.fr

[2] INRETS – ESTAS (F)
20 rue Elisée Reclus, BP 317
59666 Villeneuve d'Ascq
vincent.bernard@inrets.fr

RESUME

Cet article propose une première approche de la stabilité humaine dans les transports guidés. Trois notions de stabilité sont présentées, la stabilité dans le domaine de l'automatique, de l'écologie et de la cognition. Une définition de la stabilité humaine est proposée ainsi que des critères de stabilité qui permettront de connaître l'état de stabilité de l'opérateur humain. Une expérimentation prospective a été effectuée afin d'étudier ces premiers critères. Des perspectives sont présentées en conclusion afin d'orienter les futures recherches ainsi que définir le travail restant à accomplir sur cette notion.

MOTS-CLES : stabilité humaine, facteurs humains, transports guidés, sécurité ferroviaire.

ABSTRACT

This paper proposes an approach of human stability in guided transport. Three notions of stability are presented, the stability in the domain of automation, ecology and cognition. A definition of human stability is proposed along with some criteria which permit to know the state of human stability. A prospective experimentation was made to study these criteria. A discussion allows to conclude and to discuss about the futures researches on this problematic.

KEYWORDS: human stability, human factors, guided transport, rail security.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'étude du comportement humain représente un point important pour la conception des futurs systèmes Homme-Machine. L'objectif est l'amélioration de la fiabilité de ces systèmes. De nombreux efforts ont été réalisés dans la prévention et dans la récupération des erreurs dues aux opérateurs humains. Pourtant, on constate que le nombre d'incidents et d'accidents liés aux facteurs humains représente environ 60% à 70% du total des incidents et accidents [1].

L'objectif de cet article est d'introduire la notion de stabilité de la composante humaine dans les transports guidés et de définir des critères de stabilité. Cette stabilité sera nommée stabilité humaine dans la suite de l'article.

La première partie présente un état de l'art de la stabilité dans les différents domaines. La deuxième partie propose une définition de la stabilité humaine et des critères permettant de caractériser la stabilité de l'opérateur humain. La troisième partie présente un protocole expérimental créé afin d'étudier la faisabilité d'implémentation de ces critères. Les premiers résultats sont présentés et des perspectives sont proposées.

LA STABILITE : UN ETAT DE L'ART

La stabilité peut être définie par le caractère de ce qui se maintient durablement dans le temps sans profondes variations [2]. Un système stable n'est donc pas un système statique ou stationnaire. Il peut varier autour d'une limite avec une certaine tolérance.

Application à l'automatique

Dans le domaine de l'automatique, il existe de nombreuses définitions de la stabilité et de nombreux critères : le critère de Nyquist, le critère du revers, le critère de Routh [3], EBSB (Entrée Bornée, Sortie Bornée ou BIBO en anglais), Lyapunov [4]…. Ces critères sont séparés en deux grandes familles : les critères graphiques et les critères algébriques. Ils permettent de déterminer si un système est stable, c'est-à-dire que la ou les sorties du système convergent vers une valeur finie (valeur consigne). Ils ne donnent aucune information sur le degré de stabilité, c'est-à-dire si le système est plus ou moins stable.

Parmi ces définitions, deux définitions sont retenues :

- La première est qu'un système dont les entrées sont bornées est stable si ses sorties sont bornées (ESBS).

- La deuxième dit qu'un système dont les entrées sont soumises à de faibles perturbations doit avoir ses sorties faiblement perturbées (Lyapunov) [4]. Cette stabilité est une traduction mathématique d'une constatation élémentaire : si l'énergie totale d'un système se dissipe continuellement alors ce système tend à se ramener à un état d'équilibre (état stable). Lyapounov propose donc une fonction définie positive dont on teste la croissance autour d'un point d'équilibre.

Application aux écosystèmes

La notion de stabilité s'applique aussi aux écosystèmes. Trois critères de stabilité sont généralement utilisés : la persistance, la résistance et la résilience [5, 6, 7].

- La persistance est la capacité d'un système à continuer sans changement après une perturbation.
- La résistance est la quantité de changement due à la perturbation. Elle est inversement proportionnelle à l'amplitude du changement (différence entre le maximum et le minimum de biomasse).
- La résilience est le temps nécessaire pour que le système retrouve son état initial ou acceptable après une perturbation.

Application à la cognition

La stabilité à la cognition [8] est définie par le fait qu'un opérateur humain commet des erreurs et qu'il est capable de les récupérer. Deux types de stabilité apparaissent :

- La stabilité passive, le système et l'environnement permettent à l'opérateur de retrouver sa stabilité avec un coût de cognition faible.
- La stabilité active, où l'opérateur est dans l'obligation de produire un travail cognitif important afin de retrouver sa stabilité. Dans ce cas, il est nécessaire de différencier :
    - La résistance, qui nécessite la mise en place de barrières.
    - La tolérance, pour tolérer des erreurs pour lesquelles des moyens de récupération sont prévus.

LA STABILITE HUMAINE

Proposition d'une définition de la stabilité humaine

En se basant sur les définitions existantes dans l'automatique et l'écologie, la stabilité humaine peut être définie comme la capacité d'un opérateur humain à maintenir son système dans un état stable, i.e. rester dans les limites tolérées par l'usage (limite de vitesse, respect de la signalisation…), quand lui, ou son système, est soumis à des événements imprévus ou indésirables.

Critères de la stabilité humaine

Plusieurs critères ont été définis afin de connaître l'état de stabilité de l'opérateur humain suite à l'apparition de ces événements indésirables. Ces critères permettent de connaître l'état du système par rapport aux limites tolérables et ainsi d'en déduire si l'opérateur humain est resté stable ou non. Ces critères sont :

- Le temps de réponse. Il correspond à la durée qui s'écoule entre l'apparition de la perturbation et le début de l'action que l'opérateur humain effectue en vue de compenser la perturbation. Ce temps de réponse sera mis en relation avec le temps disponible. En effet, si ce temps de réponse est très proche ou supérieur au temps disponible, un risque apparaît. Néanmoins ce critère ne prend pas en compte une action erronée. Ce cas est traité par le critère suivant.
- Le taux d'erreur. Ce critère permet de connaître le nombre d'erreurs qu'effectue l'opérateur humain durant la phase de conduite ou sur un intervalle de temps. Il représente la capacité de l'opérateur à maintenir son système dans un état stable. En effet, si le taux d'erreurs devient trop élevé (nombre d'erreurs commises très élevé) alors des risques apparaissent sur le système liés au non-respect des règles et des consignes.
- Le taux de récupération. Ce critère sous-entend que le système reviendra à l'état stable suite à des actions de récupération de l'opérateur humain. Il permet de connaître le nombre de récupérations réussies par l'opérateur.
- La résilience. Elle représente la durée que met l'opérateur humain à revenir à un état proche de l'état précédant la perturbation ou proche des nouvelles limites acceptables.

Tous ces critères permettent de donner un état de la stabilité de l'opérateur humain à un instant t ou sur un intervalle de temps.

L'EXPERIMENTATION

Un protocole expérimental prospectif a été mis en place afin d'étudier les critères précédemment cités. La phase expérimentale s'est déroulée au sein du LAMIH (Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines) sur la plateforme COR&GEST (COnduite sur Rails & GEStion de Trafic).

La plateforme

Cette plateforme est constituée d'un réseau ferroviaire miniature sur lequel viennent circuler des trains miniatures équipés de caméras. Ces vues caméra sont renvoyées sur les postes de conduite informatiques, 4 au maximum. Ces postes permettent de conduire les locomotives à distance en retrouvant tous les éléments nécessaires à la conduite (vitesse réelle, vitesse consigne,

alarme…). Un poste de supervision permet de gérer le trafic sur la plateforme. Ce dispositif est complété par un poste de scénario qui gère des tables horaires et génère des défaillances (figure 1).

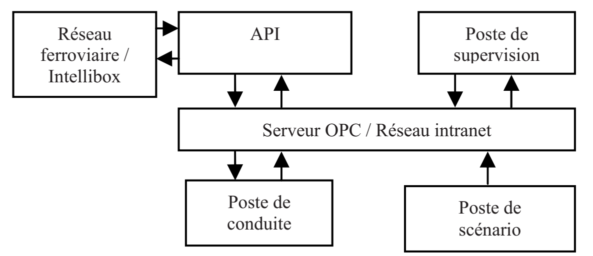


Figure 1 : Architecture de la plateforme COR&GEST

Le protocole

Ce protocole a pour objectif de vérifier la validité des différents critères de stabilité cités précédemment. Il permet d'étudier la capacité de l'opérateur humain à maintenir son système dans un état stable lors de l'apparition de perturbations.
Cette expérimentation se divise en 3 phases :

- Une phase de formation afin de familiariser les sujets à l'interface de conduite et aux règles de circulation ferroviaire.
- Une phase de conduite sans événement perturbateur qui a pour objectif d'étudier la capacité de l'opérateur à maintenir la stabilité du système face à des événements imprévus (phase suivante) dans un contexte de conduite routinière.
- Une phase contenant des événements perturbateurs afin d'étudier le respect des règles et des procédures effectuées par l'opérateur lors de l'apparition des défaillances.

Les événements perturbateurs apparaissent de façon imprévue. Ils sont variés tels que :

- Panne de frein,
- Limitation temporaire de vitesse,
- Suppression d'un arrêt en gare,
- Etc.

10 sujets ont participé à cette expérimentation.

Les résultats

Tous les résultats sont basés sur l'évolution des données du système (vitesse, qualité de l'arrêt en gare…) après l'apparition d'un événement perturbateur.
Le premier critère de stabilité étudié pendant cette phase expérimentale est le temps de réponse d'un conducteur de transport guidé face à une perturbation. Il correspond à la durée entre l'apparition de l'événement perturbateur et le début de réaction de l'opérateur. Le temps de réponse face à un événement perturbateur est très variable. Il peut varier de 1 seconde jusqu'à plusieurs secondes selon les sujets. L'extrême constaté pendant cette expérimentation est de 7 secondes. Si ce temps de réponse devient supérieur au temps disponible qu'a l'opérateur pour effectuer la ou les tâches nécessaires, un risque apparaît. Par exemple : lors d'une limitation provisoire de vitesse sur un canton, si l'opérateur humain ne réagit pas suffisamment vite face à cet événement perturbateur, le train sera en excès de vitesse. Sur la plateforme COR&GEST le temps de passage sur un canton est en moyenne de 10 secondes. Le risque engendré par un début de freinage tardif est donc important, puisque le train se trouve alors sur le dernier tiers du canton lorsque le freinage débute et que le signal de limitation provisoire de vitesse n'a pas été respecté. Cette limitation est souvent mise en place lors d'un défaut sur la voie ou lors de travaux. Cela entraîne donc des risques pour le matériel ou pour le personnel présents sur la voie.

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temps de réponse (secondes)	2	2	2	1	1	7	2	4	2	1

Tableau 1 : Temps de réponse face à une limitation provisoire de vitesse.

Le deuxième critère est le taux d'erreur commis suite à l'apparition d'un événement indésirable. Il en ressort que des erreurs de conduite (non respect de la vitesse consigne, arrêt en gare de basse qualité (non respect des repères d'arrêt)…) sont commises, suite à l'apparition d'une perturbation, dans plus de 48% des cas en moyenne. Néanmoins, l'opérateur humain parvient à une récupération dans plus de 75% des cas. Le graphique ci-dessous donne les résultats, sujet par sujet (figure 2).
Lorsque l'opérateur commet trop d'erreurs et surtout s'il ne parvient plus à les récupérer, le système devient instable (dépassement de vitesse, non respect de la signalisation…). Cela entraîne l'apparition d'un risque qui peut devenir inacceptable si cette situation se prolonge.

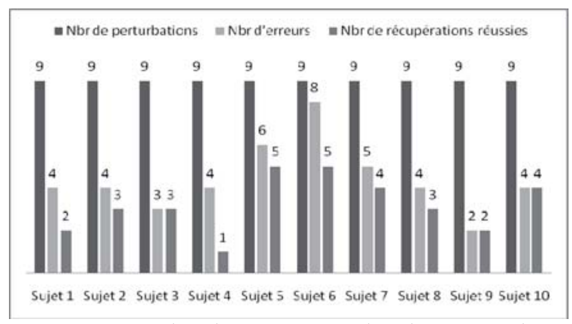


Figure 2 : Nombre d'erreurs et nombre de récupérations réussies.

Le troisième critère étudié est la résilience. Il correspond à la durée que met le conducteur à revenir dans un état proche de celui précédant la perturbation ou proche du nouvel état acceptable. Ici, le cas étudié est l'apparition d'une limitation provisoire de vitesse (figure 3).

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temps de récupération (critère de résilience)	4	5	4	5	6	9	4	7	4	4

Tableau 2 : *Temps de récupération, critère de résilience*

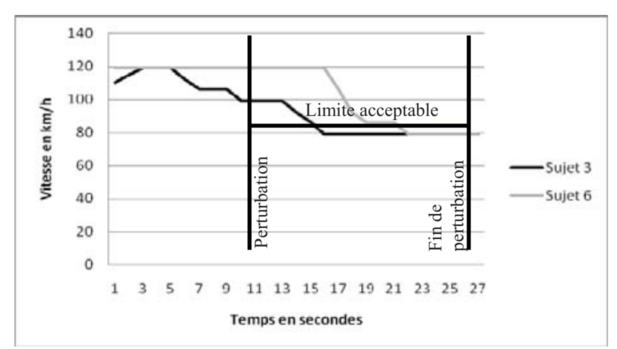


Figure 3 : Graphique représentant deux exemples du critère de résilience

Le critère de résilience varie de 4 à 9 secondes. Cette durée de récupération a un effet notoire sur la stabilité du système et par conséquent sur la sécurité. En effet, une récupération trop tardive peut engendrer un risque, notamment dû au non-respect des règles. Dans le cas du non-respect d'une limitation de vitesse, le train se retrouve en survitesse sur le canton ce qui engendre un risque de déraillement ou de collision.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet article propose un état de l'art de la stabilité dans différents domaines tels que l'automatique, l'écologie, la cognition. Une première approche de la stabilité humaine dans les transports guidés a été effectuée. La stabilité humaine a été définie dans les cas d'apparition d'événements indésirables. Quelques critères de stabilité ont été fournis :

- Le temps de réponse
- Le taux d'erreur
- Le taux de récupération
- La résilience

Ces différents critères ont ensuite été étudiés lors d'une expérimentation sur un simulateur ferroviaire.

Les perspectives de recherche sont, dans un premier temps, l'extension de la définition de la stabilité humaine. En effet, dans cet article, elle ne s'intéresse qu'au mode dégradé (apparition de défaillances ou d'événements imprévus). Qu'en est-il de la stabilité humaine en mode normal ? Puis, suite à cette extension de la définition, il s'agira d'établir les critères pertinents permettant de connaître l'état de stabilité de l'opérateur humain en mode de conduite normal ainsi que les liens éventuels entre les critères de stabilité.
Il sera aussi nécessaire d'étudier la pertinence de ces critères en fonction des situations rencontrées. Il peut s'avérer que, dans certains cas, certains critères perdent de leur fiabilité. Par exemple, pour le critère lié au taux d'erreur, l'opérateur humain peut, dans certains cas, enfreindre intentionnellement les règles définies afin d'éviter un accident ou d'en réduire les conséquences (accidents TER de Saint Laurent Blangy en 2005 [9]). Il commet donc une erreur, mais néanmoins le système n'est pas en situation instable.
Les objectifs sont donc de connaître l'état de stabilité de l'opérateur humain dans toutes les situations, afin, par exemple, d'activer un système de pilote automatique lorsqu'une perte de stabilité entraîne des risques pour la sécurité ferroviaire (sécurité de personnes, du matériel, respect des horaires…).

REMERCIEMENTS

Ce travail est financé, en partie, par la région Nord Pas de Calais et par le fond FEDER (Fonds Européen pour le DEveloppement Régional) au travers du projet AUTORIS T31.

REFERENCES

1. Amalberti, R., The paradoxes of almost totally safe tranportation systems. *Safety science*, 2001, pp. 109-126.
2. Larousse, 2002.
3. Granjou, Y., Systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret, représentation d'état. *Sciences sup, Dunod*, 2003.
4. Husson, R. et al., Du cahier des charges à la réalisation de systèmes. *Sciences sup, Dunod,* 2007.
5. Pimm, S.L., The complexity and the stability of ecosystems. *Nature*, 1984, pp. 321-326
6. Pimm, S.L., The balance of nature?. *University of Chicago Press*, 1991, pp.434.
7. Pérez-España, H. & Arreguín-Sánchez, F. An inverse relationship between stability and maturity in models of aquatic ecosystems. *Ecological modeling*, 2001, pp.189-196.
8. Boy, G. Les actions à risques, journées RSCIF, Paris, 2005.
9. BEA-TT 2005-007. Rapport d'enquête technique sur la collision survenue le 9 juin 2005 au passage à niveau 83 à Saint Laurent Blangy. Bureau d'enquête sur les accidents de transport terrestre, 2005.

Adaptation des Dispositifs de Sécurité pour l'Evacuation des Usagers en cas d'Incendie en Tunnel Routier

Auboyer Audrey

Centre d'Etude des Tunnels
25, av. François Mitterrand, Case n°1
69674 Bron Cedex
audrey.auboyer@i-carre.net

SFTRF – Ste Marie de Cuines
CRC (EMP) - Sophia-Antipolis

Lavedrine Sylvie

Centre d'Etude des Tunnels
25, av. François Mitterrand, Case n°1
69674 Bron Cedex
sylvie.lavedrine@equipement.gouv.fr

RESUME
Si les tunnels routiers présentent globalement un faible taux d'accidents corporels, plusieurs évènements récents ont montré que les incendies de véhicule peuvent rapidement prendre des proportions catastrophiques en raison du caractère confiné du milieu. Pour limiter les conséquences de tels évènements, la réglementation française impose notamment aux exploitants de tunnels des dispositions techniques qui reposent sur les moyens mis à disposition des usagers pour assurer leur propre sécurité. Il est attendu des usagers qu'ils se dirigent à pied vers les issues de secours. A la lumière du retour d'expérience, force est de constater que le comportement observé est notablement différent : attendent dans le véhicule, évacuent à bord de leur véhicule, (etc.).
Afin de comprendre cette différence, un travail de recueil de témoignages d'usagers confrontés à des évènements en tunnel a été mis en place dans le cadre d'une thèse réalisée en partenariat entre le CETU, la SFTRF et le CRC. Les premiers résultats ont permis d'élaborer un modèle d'évacuation des usagers et de proposer des adaptations des dispositifs de sécurité réglementaires prévus pour l'évacuation des usagers.

MOTS CLES : Tunnel routier, retour d'expérience, dispositifs de sécurité pour l'évacuation, comportement des usagers.

ABSTRACT
Even if the casualties rate in road tunnels is globally low, several recents events have shown that a vehicle fire can lead to disastrous consequences because of the confined character of a tunnel. To limit consequences of such events, French regulation imposes to tunnel operators tunnels technical means for users to protect themselves. Tunnel users are expected to walk towards emergency exits. The learning from experience emphases that the observed users behaviour significantly differs: they wait in their vehicle, evacuate using their vehicle, etc. To understand this gap, a work based on collected interviewing of tunnel incidents witnesses was set up as part of a PhD thesis supported by CETU, SFTRF and CRC. A users evacuation model was derived and improvements of the regulatory safety systems for users evacuation were proposed.

KEYWORDS : Road tunnel, learning from experience, safety systems for evacuation, users behaviour.

INTRODUCTION
Plusieurs évènements récents en Europe et particulièrement en France ont montré que les incendies de véhicule en tunnel routier peuvent rapidement prendre des proportions non maîtrisables voire catastrophiques en nombre de vies humaines en raison de l'espace restreint et du caractère confiné du milieu. Pour limiter les conséquences de tels évènements, la réglementation française impose notamment la présence de dispositifs de sécurité mis à disposition des usagers pour assurer leur propre sécurité lorsqu'ils sont encore seuls dans le tunnel. Il est attendu des usagers qu'ils donnent l'alerte à l'aide des postes d'appels d'urgence puis qu'ils se dirigent à pied vers les issues de secours. Néanmoins, le retour d'expérience montre que le comportement observé est notablement différent : ils attendent dans le véhicule, évacuent à bord de leur véhicule, etc.

Afin de comprendre cette différence, un travail de recueil de témoignages d'usagers confrontés à des évènements en tunnel a été mis en place. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse intitulée *« Contribution à l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier vers un outil de compréhension du comportement humain »* et réalisée en partenariat entre le Centre d'Etude des Tunnels, la Société Française du Tunnel Routier du Fréjus et de l'Autoroute de la Maurienne et le Centre de recherche sur les Risques et les Crises de l'Ecole des Mines de Paris. Il vise notamment à intégrer la composante « comportement des usagers » dans le retour d'expérience en tunnel routier.

DEUX MODELES D'EVACUATION EXISTANTS

Dans la perspective de comprendre et de modéliser le comportement des usagers confrontés à un incendie en tunnel routier, notre travail de recherche s'appuie particulièrement sur deux modèles d'évacuation existants qui rejoignent nos préoccupations.

Le modèle du temps d'évacuation en cas de crise

Depuis 15 ans, la chercheuse canadienne G. Proulx étudie le comportement des personnes au cours d'incendies en bâtiments (habitation, bureaux, etc.). Son travail repose sur le recueil de témoignages de personnes ayant vécues un incendie au cours d'une situation réelle, d'exercices de sécurité ou de phases d'étude. A partir des données acquises au cours de ses travaux sur l'évacuation de maisons individuelles, elle a développé un modèle qui définit, lors d'un incendie, le temps disponible aux personnes pour sortir dans des conditions tenables pour l'organisme humain. Ce temps est décomposé en plusieurs phases : le temps de détection de l'évènement, le temps d'alerte et le temps nécessaire à l'évacuation pendant lequel les personnes perçoivent et interprètent des signaux, prennent des décisions et mettent en œuvre des actions puis se déplacent pour aller se mettre en sécurité [3].

G. Proulx montre que de nombreux facteurs tels les caractéristiques des occupants (âge, capacités physiques, activité au moment de l'événement, expériences passées, familiarité avec le bâtiment…), les caractéristiques du bâtiment (systèmes de protection, géométrie…) et les caractéristiques de la situation (type, localisation du problème…) permettent de comprendre et de modéliser le comportement des personnes. Les expériences passées, l'information perçue pendant l'événement et les caractéristiques propres à chaque individu expliquent en majeure partie la diversité des comportements observés. Cette approche a permis de définir des patterns répétitifs de comportement comme l'évitement, l'engagement, la familiarité, l'affiliation et le rôle. La panique peut exister mais elle est peu représentative des comportements observés en situation d'urgence [4].

Modèle psychosociologique d'évacuation en tunnel

Face aux écarts observés entre le comportement attendu des usagers au cours d'un incendie en tunnel routier et le comportement réel des usagers, plusieurs sociétés d'autoroute[1], le CETU et la société Dédale, spécialisée dans l'étude des facteurs humains dans les situations à risques, se sont réunis autour d'un projet commun : le projet ACTEURS[2] (2003-2006). Ce dernier vise à mieux comprendre l'interaction entre les usagers, les exploitants et les tunnels. Il donne notamment des éléments de compréhension sur le comportement des usagers en situation normale et en situation de crise. Cette étude est aujourd'hui la plus aboutie en France sur ce sujet.

Dans le cadre de ce projet, un modèle psychosociologique d'évacuation a été élaboré à partir d'un travail bibliographique sur les études de crises en milieu confiné comme celles de G. Proulx [2]. Compte tenu des difficultés rencontrées pour prendre contact avec des usagers impliqués dans un événement, ce modèle n'a pu être validé que par quelques interviews avec des personnes ayant vécu des événements en tunnel. Dans ce modèle, l'évacuation est décrite comme une succession d'étapes correspondant aux interactions des usagers avec l'environnement et structurée autour de quatre phases : l'initiation de l'événement, la perception et la reconnaissance des signaux d'alerte, la décision d'évacuer et évacuer, le mouvement vers les issues de secours.

Chaque phase est définie selon les activités des usagers ainsi que les facteurs susceptibles d'optimiser ou de rallonger le processus d'évacuation et de mise en sécurité des usagers. Ces facteurs sont : les caractéristiques des usagers (connaissances sur les tunnels, les situations de crises et les risques associés…), les caractéristiques du tunnel (type de surveillance, entraînement des personnels, type d'issues…) et les éléments contextuels (distance à l'événement, dynamique d'expansion de ce dernier…).

D'après les travaux réalisés par G. Proulx et ceux du projet ACTEURS, nous avons construit notre méthode d'étude et notre modèle du comportement d'évacuation des usagers en tunnel.

RECUEIL DE TEMOIGNAGES DES USAGERS

Méthode et outils

Pour analyser le comportement des usagers face à un événement en tunnel routier et déterminer les facteurs psychologiques sous-jacents à ce comportement, il est essentiel de recueillir leur témoignage sur la manière dont les personnes ont vécu la situation. Ce type de témoignage est obtenu suite à un événement réel ou suite à la simulation d'un événement au cours d'un exercice de sécurité qui sont deux procédures complémentaires. En effet, dans le premier cas, les entretiens sont réalisés par téléphone dans les jours qui suivent l'événement. Si ces entretiens permettent d'avoir des éléments sur le comportement naturel des usagers, il est parfois difficile d'approfondir les témoignages (problème de réception des téléphones portables, temps pris sur le temps de travail). Dans le deuxième cas, les entretiens sont réalisés en face à face, « à chaud », à la fin de l'exercice. Cette configuration permet quant à elle d'obtenir un plus grand nombre de témoignages sur des évènements plus importants. En revanche, tout ne peut pas être simulé dans des conditions réelles et les personnes jouant le rôle des usagers sont également informées qu'elles participent à un exercice d'évacuation ce qui crée un biais dans

---

[1] SFTRF, APRR, AREA, ATMB, COFIROUTE, GEIE-TMB et ESCOTA

[2] Améliorer le Couplage Tunnel / Exploitants / Usagers pour Renforcer la Sécurité

la perception et la compréhension de la situation et donc influence le comportement.

Chaque entretien est individuel et semi-directif afin de laisser les personnes raconter leur propre vécu. Au début, il est rappelé à chaque participant le contexte et l'objectif de la demande. L'anonymat du témoignage est également garanti. Pour la conduite des entrevues une grille d'entretien a été développée autour d'un questionnement permettant d'obtenir des informations sur le profil des usagers et les facteurs en jeu dans leur comportement au cours de l'évènement. Elle se compose de plusieurs parties comprenant notamment des renseignements sur l'usager (âge, nationalité…) et son véhicule (marque…) ainsi que son témoignage sur l'événement. Ce dernier est orienté sur la description du vécu de l'usager en partant des différentes étapes qu'il vit : avant et au moment de l'arrêt, dans le véhicule, à pied dans le tunnel et l'issue de secours, le retour à son véhicule et la suite de son trajet. Nous nous intéressons principalement à la perception des signaux, l'interprétation et la compréhension de la situation ainsi qu'aux décisions et actions.

Résultats

Aujourd'hui, une cinquantaine d'entretiens a été menée auprès d'usagers confrontés à un événement réel ou simulé au cours d'un exercice de sécurité. L'analyse des entretiens est basée sur une approche qualitative, complétée par les images de vidéosurveillance. Ceci fait émerger des comportements récurrents face à une situation donnée. Les entretiens montrent qu'il existe une variabilité de comportements influencés par différents facteurs comme l'âge, les expériences passées, les connaissances. Ces résultats confortent ceux obtenus dans les études de G. Proulx et du projet ACTEURS.

Au-delà de ces différences, nous constatons que les usagers cherchent de l'information pour répondre à deux questions : « Que se passe t-il dans le tunnel ? » et « Que dois-je faire ? ». Ces questions renvoient réciproquement au besoin de connaître la nature de l'événement et des dangers associés ainsi qu'au besoin de connaître les consignes afin d'adopter, pour l'usager, le meilleur comportement en fonction de la situation perçue et des enjeux qui lui sont propres. Ces besoins vont parfois conduire l'usager à avoir un comportement différent de celui attendu voire parfois il met en péril sa sécurité. Par exemple, certains usagers se rapprochent à pied du véhicule à l'origine de l'événement, d'autres ressortent des issues de secours.

Ces comportements peuvent être également influencés par des difficultés de communication, existantes dans toute situation de crise, avec les personnels exploitant (opérateurs de poste de contrôle, pompiers…) qui, compte tenu de leur activité et de ses enjeux, ne répondent pas toujours aux besoins des usagers. Par ailleurs, un travail sur les représentations mentales d'un tunnel a mis en évidence un décalage important de représentation entre les professionnels des tunnels et les usagers. Ce décalage induit des difficultés de communication avec les usagers dans les situations de crise notamment par l'emploi d'un vocabulaire différent. Quand les spécialistes des tunnels font la distinction entre "abris, inter-tube, niches de sécurité, niche incendie" l'usager évoque *"des trucs pour la sécurité"* amalgamant tous ces dispositifs

Il ressort également des témoignages qu'il est difficile pour les usagers de comprendre la nécessité d'évacuer. En effet, ils ne perçoivent et ne comprennent pas toujours le basculement entre la situation normale de conduite et la situation d'évacuation à pied en tunnel. Cet aspect est renforcé par ce que nous appelons le déni de la situation de danger. Ce trait est comparable à l'optimisme comparatif c'est-à-dire à la tendance des individus à croire qu'ils ont plus de chance que leurs pairs de vivre des évènements heureux et moins de chance qu'autrui de faire des expériences négatives [1]. Cette tendance joue un rôle dans la perception des risques et peut avoir une influence négative sur le comportement à l'égard de la sécurité

L'ensemble des résultats obtenus nous amène à faire des propositions d'amélioration des dispositifs de sécurité dédiés à l'évacuation en fonction des différents moments de l'événement vécus par l'usager.

PROPOSITIONS D'ADAPTATION DES DISPOSITIFS DE SECURITE POUR L'EVACUATION

A partir des modèles existants (G. Proulx, projet ACTEURS) et des témoignages recueillis, nous avons repéré six phases décrivant ce qui est attendu de l'usager et ce qu'il vit (perception, compréhension et réaction). Dans les phases 1 à 3, l'usager est au volant de son véhicule, dans les phases 4 et 5 il est à pied dans le tunnel et dans l'issue de secours, puis dans la phase 6 il est à pied dans le tunnel et retourne à son véhicule.

- Phase 1 : apprentissage en situation normale. L'usager a comme principale préoccupation l'enjeu de son déplacement (professionnel…). Il doit se conformer aux règles de circulation courantes (vitesse...) et apprendre à repérer les dispositifs de sécurité.
- Phase 2 : détection de l'évènement. L'usager doit comprendre la situation. Au préalable, l'information et la communication sur les dangers liés à un incendie en tunnel permettra aux usagers de commencer à analyser la situation dès la phase de détection et facilitera la communication lors de la phase d'alerte.
- Phase 3 : alerte. L'usager doit comprendre le basculement de la situation et les enjeux associés (danger). Une fois le danger identifié, il doit décider de s'arrêter, de quitter son véhicule et d'évacuer à pied. Le danger doit être clairement identifié pour que l'enjeu du déplacement ne soit plus la principale préoccupation.

- <u>Phase 4 : Evacuation à pied dans le tunnel.</u> L'usager doit sortir de son véhicule, choisir la direction où aller, trouver une issue de secours, se diriger vers elle et y pénétrer. Il doit renoncer à son déplacement, abandonner son véhicule et se diriger à pied vers « l'inconnu ».
- <u>Phase 5 : Evacuation dans l'issue et « Attente ».</u> L'usager ne doit pas ressortir de l'issue et, selon les caractéristiques du tunnel et les capacités physiques de l'usager, il doit se diriger vers l'extérieur du tunnel ou attendre dans l'issue l'arrivée des services d'intervention.
- <u>Phase 6 : Fin de l'évènement et retour à la normale.</u> Il existe un écart entre les attentes vis à vis de l'usager et ce qu'il vit réellement. En effet, il est attendu qu'il retourne vers son véhicule et reparte vers sa destination en reprennant le cours normal de son déplacement et en se conformant aux règles de circulation courantes. Cependant, l'usager a vécu une situation chargée en émotions (stress…) : un long temps d'attente seul dans le tunnel puis une prise en charge par les services de secours. Il reprend donc son déplacement en se remémorrant l'expérience vécue et avec la préoccupation du retard pris et de ses conséquences éventuelles.

Les dispositifs de sécurité existants ont, aujourd'hui, besoin d'être complétés pour que leur efficacité soit optimisée. Pour chaque phase, nous proposons des moyens de communication visuels et sonores qui visent à favoriser et faciliter l'évacuation des usagers par les issues de secours en cas d'incendie. Par exemple, pour aider au repérage des issues de secours dans la phase 1, il est suggéré d'ajouter de la signalétique à la signalisation routière : éclairage et couleur verte de la porte d'issue de secours, zone de peinture verte (Figure 1). Pour aider au déplacement à pied dans le tunnel, il est préconisé d'ajouter de la signalétique dynamique (feux à éclats, chenillard dynamique, etc.) ainsi que des balises sonores pour aider au déplacement dans la fumée et à la localisation de l'issue.

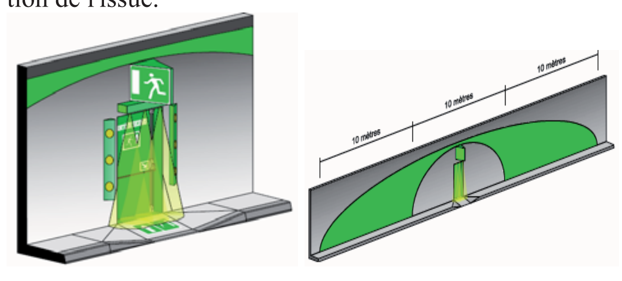


Figure 1: Schéma d'une issue de secours type proposée

Il est important que les dispositifs proposés soient évalués afin d'être adaptés au comportement des usagers et au tunnel dans lequel ils vont être mis en place. Cette évaluation doit à la fois porter sur chaque dispositif pris individuellement pour s'assurer de leur compréhension par l'usager et être réalisée sur l'enchaînement des différents systèmes dont l'objectif est d'accompagner l'usager dans les différentes phases de l'évacuation en lui apportant « la bonne information, au bon moment et au bon endroit ».

CONCLUSION

Les modèles existants et les recueils de témoignages d'usagers nous ont permis d'élaborer un modèle du temps d'évacuation des usagers en tunnel routier. Ce modèle sert de base pour proposer des adaptations des dispositifs de sécurité réglementaires prévus pour l'évacuation des usagers en cas d'incendie. Compte tenu de la diversité des tunnels existants en France, ces propositions doivent être évaluées pour chaque ouvrage. Elles visent une homogénéisation des dispositifs de sécurité afin qu'ils soient adaptés au comportement des usagers.
Pour favoriser l'évacuation, les travaux actuels doivent prendre en compte la pertinence des informations et du message donnés graduée en fonction de la gravité de la situation. En cas d'incendie, nous soulignons l'importance de donner une alerte claire et des informations sur les dangers encourus pour déclencher le comportement d'évacuation. Il est également possible d'améliorer la perception des abris en diminuant l'intensité de l'éclairage et en éteignant la signalisation routière pour faire ressortir les signaux nécessaires à l'évacuation à pied en tunnel.

De manière générale, le comportement observé chez les usagers est, entre autre, influencé par la qualité de la communication entre les professionnels des tunnels et les usagers. Afin de progresser sur cette question plusieurs axes restent à approfondir : campagnes d'information sur la sécurité en tunnel lors de portes ouvertes (visites de chantier manifestation d'inauguration à un nouvel ouvrage ou de travaux importants).

BIBLIOGRAPHIE

1. Kouabenan, D.R. (/s.dir). *Psychologie du risque. Identifier, évaluer, prévenir*. De Boeck, Belgique, 2006.
2. Noizet, A. Les comportements des usagers en situation de crise en tunnel, *Rapport de recherche n°3 du projet ACTEURS*, 2005.
3. Proulx, G. Egress times from single family houses. *Research Report*, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 2006.
4. Proulx, G. Occupant behaviour and evacuation. In *Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium*, Munich, May 25, 2001, pp.219-232.

Vers l'étude de l'influence de la tâche de conduite sur les modèles de conception de l'éclairage

Anaïs mayeur
Laboratoire Central des Ponts Chaussées, 58 bd Lefebvre, 75015 Paris
Université Paris Descartes, 45 rue des Saints Pères, 75006 Paris
anais.mayeur@lcpc.fr

Roland Brémond
Laboratoire Central des Ponts Chaussées, 58 bd Lefebvre, 75015 Paris
roland.bremond@lcpc.fr

Christian Bastien
Université Paul Verlaine - Metz BP 30309, île du Saulcy, 57006 Metz
christian.bastien@univ-metz.fr

RESUME
L'évaluation de l'éclairage routier repose sur un indice calculé à partir de données issues de données expérimentales de détection de cibles en vision fovéale. Ce modèle de Visibilité de Petites Cibles fait apparaître un certain nombre de limites théoriques et méthodologiques auxquelles la présente étude tente de pallier. L'objet de cet article est donc d'évaluer l'effet de l'ajout d'une activité sensorimotrice sur les performances de détection de cibles en vision périphérique, dont le contraste et l'excentricité varient, en vision mésopique. Dans la première phase de l'expérience, 39 participants devaient détecter des cibles présentées en périphérie dont le contraste et l'excentricité variaient. La seconde phase de l'expérience permettait de mesurer l'impact d'une tâche sensorimotrice sur le Seuil Individuel de Détection. Les résultats indiquent que la tâche sensorimotrice diminue les performances de détection. Ces résultats sont interprétés et discutés dans le cadre du modèle d'éclairage routier et de ses limites.

MOTS CLES : conception de l'éclairage public, seuil de détection, vision mésopique, paradigme de la double tâche

ABSTRACT
The aim of this work is to assess the effect of the addition of an activity related to a driving task to detection performances in peripheral vision of targets varying both in contrasts and eccentricities, under mesopic conditions. The main index used to evaluate the quality of the lighting installations is calculated for simple detection tasks of objects presented in the foveal region for a given contrast. Such Small Visibility Target (SVT) models raise some methodological and theoretical questions. In the first phase of the experiment, 39 participants were asked to detect a target presented in the peripheral region according to different luminance contrasts and eccentricities. The second phase of the experiment was designed to measure the impact of a sensorimotor task on the Individual Detection Threshold. The mean variation between the preliminary experiment and the double task condition showed a global decrement. We suggest that the results give evidence that the STV vision models developed for road lighting applications are limited.

KEYWORDS: Road lighting design, detection threshold, mesopic vision, double task paradigm.

INTRODUCTION
La nuit représente moins de 10% du trafic routier, mais pour l'année 2006, 35% des blessés hospitalisés et 44% des personnes tuées [27]. Par ailleurs, près de la moitié des accidents de la route impliquent un dysfonctionnement de la prise ou du traitement de l'information par l'usager [16], pour lequel la vision est le canal sensoriel principal [33]. L'amélioration de la perception visuelle nocturne est donc un moyen efficace d'améliorer la sécurité routière. L'éclairage public joue un rôle primordial dans la conception de l'environnement routier car il remodèle l'espace en mettant en valeur ou en occultant divers éléments. La relation entre l'éclairage et la sécurité routière n'est pas directe, mais la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) a publié une revue de question qui montre une corrélation positive entre la qualité de l'éclairage et la sécurité routière [10]. La fonction principale de l'éclairage est de compenser la faible performance de nuit du Système Visuel Humain. Cette baisse de performance par rapport au jour est du à la faible sensibilité des photorécepteurs (cônes) en vision mésopique (entre 0,01 et 3,0 cd/m²) [37], qui correspond au domaine de la conduite de nuit. L'éclairage public augmente les performances visuelles des conducteurs pour la détection d'objets en augmentant le niveau d'adaptation visuelle et en diminuant les effets de l'éblouissement.

Actuellement, le domaine de l'éclairage public est caractérisé par un manque de fondements scientifiques [34]. Un certain nombre de méthodes ont été proposées dans la littérature scientifique et technique, notamment par la CIE et *l'Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA), mais la pratique et les recommandations réelles [13] se basent largement sur des accords d'experts plutôt que sur les modèles scientifiques [5]. Ce manque de fondement théorique des pratiques nous semble en partie dû à la faiblesse des modèles qui ont été proposés jusqu'ici, particulièrement en termes de validité écologique par rapport à la situation de conduite réelle.

Le modèle de Visibilité de Petite Cible (Small Target Visibility (STV) est la méthode principale pour évaluer la qualité de l'éclairage routier en termes de performance visuelle [11; 32]. L'idée est de caractériser une installation d'éclairage en considérant une petite cible (carré uniforme de 18 centimètres de côté) posée sur la chaussée à une distance correspondant à la prise d'information par les automobilistes. Ce modèle permet de calculer un seuil ΔLs de détection d'une cible en prenant en compte différents critères concernant la cible (taille, facteur de réflexion et polarité de contraste), l'environnement (luminance de la chaussée, temps d'observation et éblouissement) et le conducteur (âge). Le niveau de visibilité (VL) est ensuite calculé comme le rapport entre l'écart réel de luminance (ΔLréel) que doit présenter l'objet pour être détecté et le seuil différentiel de luminance (ΔLs) calculé pour une probabilité de détection donnée. Le calcul du seuil différentiel de luminance (ΔLs) se fonde sur les données psychophysiques de sensibilité au contraste [4]. Un niveau de visibilité (VL) de 5 signifie que le contraste de luminance de la cible est 5 fois le contraste dont a besoin un observateur standard pour détecter cette cible en situation de laboratoire. Le modèle STV implique, pour des applications d'éclairage routier, de trouver le VL spécifique à la détection de cible pendant une tâche de conduite. Toutefois, à ce jour, plusieurs seuils ont été proposés pour l'éclairage public avec des valeurs allant de VL=4 à VL=30, ce qui montre un manque de consensus [1; 14; 15]. La valeur VL=7 est recommandée en France [e.g. AFE, 2].

Dans cette étude, nous avons considéré ce qui nous apparaît comme les deux principales différences entre la situation de référence du modèle STV et la situation de conduite : (a) Tout d'abord, le modèle STV est basé sur une tâche de détection de cibles sans aucune autre tâche à effectuer, alors qu'en situation de conduite la détection est une tâche parmi d'autres [12]. Plus précisément, le modèle ne prend pas en considération la tâche de conduite qui comporte en même temps des activités de commande du véhicule et de traitement de l'information. (b) En second lieu, le modèle STV est basé sur une tâche de détection fovéale, qui n'est pas le seul mode de détection en conduite. En effet la conduite exige l'utilisation simultanée de la vision centrale et périphérique, notamment pour la détection de cible, où la vision périphérique est primordiale [28]. Ce constat nous a amené à concevoir une expérimentation qui montre l'effet d'une tâche sensorimotrice sur le taux de détection de cibles en vision mésopique ; cibles dont on a fait varier l'excentricité et le contraste. Les degrés d'excentricités ont été choisis pour être pertinents par rapport au processus de prise d'information visuelle en conduite.

Trois phases ont été définies (figure 1) : (i) La première phase de l'expérience (tâche simple, détection de cibles périphériques) est basée sur un protocole psychophysique proche de celui utilisé par Blackwell [4]. Le but de cette phase était de mesurer le Seuil Individuel de Détection (SID) en vision périphérique pour chaque sujet et selon trois excentricités (1,5°, 4° et 7°). Les performances correspondantes aux SID collectés durant cette première phase serviront pour des comparaisons lors d'une condition de double tâche en phase 3. (ii) La seconde phase de l'expérience a consisté en une tâche sensorimotrice (SM), dans laquelle le participant devait déplacer un mobile sur un circuit avec deux manivelles, sur le même écran que dans la phase 1. L'objectif de cette phase était, d'une part, d'évaluer les performances des participants lors d'une tâche sensorimotrice avant d'y ajouter une tâche secondaire, et d'autre part de contrôler les différences possibles entre les deux groupes en phase 3. (iii) Dans la troisième phase, basée sur le paradigme de la double tâche [30], les sujets de G1 devaient faire la même tâche sensorimotrice que dans la phase 2 (déplacement d'un mobile sur un circuit) et parallèlement la même tâche de détection périphérique que dans la phase 1. Les stimuli périphériques avaient la même excentricité que dans la phase 1. Le contraste était choisi pour chaque sujet et pour chaque excentricité selon le SID individuel calculé sur la base des données récoltées lors de la phase 1 de l'expérience. Le but de la phase 3 était d'évaluer l'impact d'une tâche primaire (sensorimotrice) sur une tâche de détection périphérique.

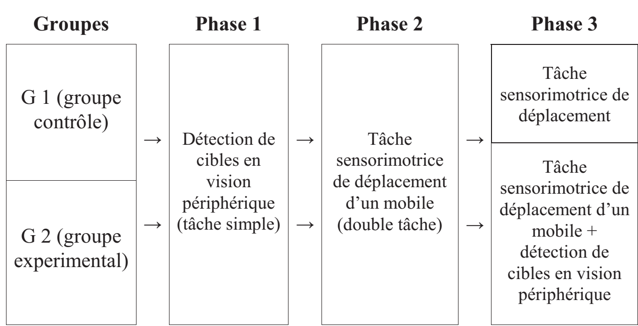


Figure 1. Schéma décrivant le protocole expérimental

La diminution des performances de détection en fonction de l'excentricité de la cible dépend fortement du niveau d'adaptation. Cette diminution est plus faible dans le domaine mésopique (ou crépusculaire) que dans le domaine photopique (vision de jour) [37]. Notre expérimentation se situe dans le domaine mésopique, pertinent pour la situation de conduite de nuit. En référence à une situation routière, pour un automobiliste qui regarde au centre de sa voie, une amplitude de 7° inclut comme objet d'intérêt tout objet situé sur la voie à plus de quinze mètres du véhicule, ce qui est bien sûr une simplification du comportement visuel des conducteurs [35]. Plusieurs auteurs ont montré que la complexité de la tâche fovéale pouvait augmenter le seuil de contraste pour une tâche de détection périphérique, selon l'excentricité de la cible. D'autre part, la tâche de détection périphérique peut avoir un effet sur la tâche fovéale selon sa complexité [23]. Cependant, dans ces expériences, la tâche fovéale est soit purement visuelle [18] soit cognitive [8; 29]. Il n'y a aucune composante sensori-motrice. Ce constat nous a amené à choisir une tâche sensorimotrice (SM), selon nous plus pertinente par rapport à la situation de conduite. Dans cette étude, la tâche SM consiste à déplacer sur un écran un mobile sur un circuit avec deux manivelles. Cette tâche SM est adaptée d'un test psychotechnique de Lahy [20], toujours utilisé en France lors du recrutement des chauffeurs de bus à la RATP. Ce test mesure la coordination sensori-motrice fine dans un contexte d'attention soutenue. Dans la troisième partie de l'expérience, la tâche SM est considérée comme la tâche primaire puisque l'activité principale d'un conducteur est la conduite du véhicule (guidage, navigation, etc.). La tâche secondaire est la tâche de détection dans le champ visuel périphérique.

METHODE

Participants

39 adultes (13 femmes et 26 hommes) avec une moyenne d'âge de 35.5 ans (*ET* = 11.2) ont participé à l'étude. Ils étaient titulaires du permis de conduite et avaient une vision bonne ou corrigée. Les sujets, naïfs par rapport au but de l'expérience, ont été recrutés au *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (LCPC) et à l'Université Paris Descartes. Les sujets étaient assignés à un groupe. Le groupe 1 (ou groupe contrôle) était composé de 19 sujets (6 femmes et 13 hommes) avec un âge moyen de 36 ans (*ET* = 12,5). Le second groupe (ou groupe expérimental) était formé de 20 sujets (7 femmes et 13 hommes) avec une moyenne d'âge de 35 ans (*ET* = 9,8). Aucune différence statistique entre les deux groupes n'a été observée en terme d'âge ($t\,(37) = 0.271$, $p = 0{,}781$).

Salle Expérimentale et Matériel

L'expérience a eu lieu dans une salle photométriquement contrôlée (sans fenêtre, murs peints en noir). La salle était équipée d'un écran, d'un videoprojecteur, d'un ordinateur exécutant le protocole expérimental, d'un dispositif comportant deux manivelles (prêt RATP) et d'une pédale qui permettait d'enregistrer les réponses des sujets (voir figure 2). Pour les trois phases, la luminance de l'écran était mésopique (0.65 cd/m²), ce qui est cohérent avec les recommandations en éclairage routier [entre 0,5 et 1,5 cd/m², par ex. 17]. Le champ visuel de l'écran est de 30° en verticale (1.50 m) et 40° en horizontale (2 m) (figure 2).

Phase 1: Détection de Cibles en Vision Périphérique (Tâche Simple)

Stimuli. Lors de la première phase de l'expérience, un carré de fixation de couleur noire (luminance 0,1 cd/m^2) et de 0,25° d'angle visuel est placé au centre de l'écran. Une seconde après l'émission d'un bip auditif (amorce), une cible apparaît de manière aléatoire pendant 150 ms sur une plage temporelle de 3 secondes, selon différentes excentricités et différents contrastes. Les stimuli sont tous des carrés de 0,25° d'angle visuel.

La première variable indépendante est *l'excentricité* des stimuli. Trois valeurs d'excentricité ont été choisies : 1,5°, 4° and 7°. Ces valeurs permettent au sujet d'explorer trois régions du champ visuel : (a) la proximité de la fovéa, (b) la région para-fovéale et (c) la région péri-fovéale (Legrand, 1972). La seconde variable indépendante est le *contraste de luminance* de la cible. Le contraste de luminance est défini par la fraction de Weber $C = (Lc-Lf)/Lf$, où Lc correspond à la luminance de la cible et Lf à la luminance du fond. Une étude exploratoire a montré que des contrastes compris entre 0 et 0,6 devraient amener 100% de taux de détection pour le plus fort contraste, pour les trois excentricités. Six valeurs de contraste ont été utilisées durant cette expérience (0 ; 0,1 ; 0,21 ; 0,33 ; 0,41 et 0,60).

Procédure. Les sujets sont assis à deux mètres de l'écran, un pied en attente sur la pédale. Après une période d'adaptation à l'environnement lumineux mésopique de 8 minutes, les sujets ont eu pour instruction de fixer le carré au centre de l'écran et de presser la pédale dès qu'ils détectent une cible. Cent quatre vingt (180) stimuli (10 présentations × 3 excentricités × 6 contrastes) ont été présentés par tirage aléatoire à chaque participant. La position des stimuli est choisie aléatoirement sur un cercle correspondant à l'excentricité de ces stimuli. Durant l'expérience, l'ordinateur enregistre les performances (nombre de réponses correctes et de fausses réponses). Le seuil individuel de chaque sujet pour les trois excentricités est défini, pour chaque sujet, comme le plus petit contraste

ayant un taux de détection d'au moins 70%. Ces valeurs de contrastes individuels, nommées Seuil Individuel de Détection Individuel (SDI), ont ensuite été utilisées dans la condition de double tâche.

Phase 2: Tâche Sensorimotrice de Déplacement d'un Mobile (Tâche Simple)

Stimuli. Un circuit (16° de largueur maximale, 14° de hauteur maximale, 0,8° d'épaisseur, voir Fig. 2) était présenté sur l'écran. La luminance du fond était la même que lors de la phase 1, et la luminance du circuit était de 0.36 cd/m². Un carré noir de 0,25° d'angle visuel, avec les mêmes propriétés que le carré de fixation utilisé dans la phase 1, servait de mobile à déplacer. Son contraste avec le fond proche, c'est-à-dire le circuit, était de 0,56. Les sujets devaient déplacer la cible grâce aux manivelles : la manivelle de gauche permet le déplacement vertical, tandis que la droite permet le déplacement horizontal. Le déplacement du carré sur le circuit avec ces manivelles demande une coordination sensorimotrice fine. La difficulté de cette tâche, incluant un contraste faible entre le mobile et le circuit, a été conçue pour s'assurer que les sujets fixeraient le mobile en vision fovéale.

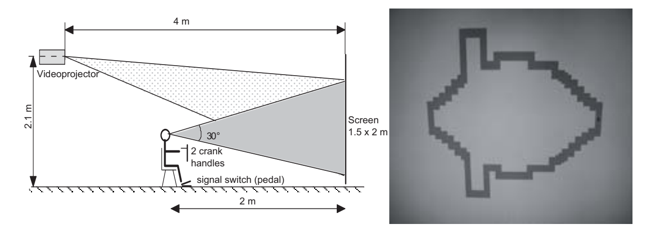


Figure 2. Schéma du dispositif expérimental (à gauche, pas à l'échelle) et du circuit apparaissant à l'écran (à droite)

Procédure. Les sujets étaient assis devant l'écran, une main sur chaque manivelle. La seule tâche à effectuer était la tâche de déplacement. Il était demandé de bouger le mobile aussi vite que possible, sans sortir du circuit. Deux indicateurs de performance ont été mesurés : la distance parcourue en 5 minutes et le nombre de sortie de circuit.

Phase 3: Effet d'une Tâche Sensorimotrice sur la Détection de Cibles en Vision Périphérique (Double Tâche)

Dans cette troisième phase de l'expérience, les sujets du groupe contrôle devaient répéter la phase 2. Les participants du groupe expérimental devaient à la fois effectuer la tâche sensorimotrice et la tâche de détection de cibles en vision périphérique.

Stimuli. Les excentricités des cibles périphériques étaient les mêmes que lors de la phase 1 de l'expérience. Le nombre de stimuli par sujet était de 60. Trente (30) cibles périphériques (10 répétitions × 3 excentricités) ont été présentées aux sujets selon leur contraste individualisé (pour chaque excentricité) qui ont été calculé lors de la phase 1 de l'expérience. De plus, quinze (15) cibles avec un contraste nul (5 répétitions × 3 excentricités) et quinze (15) avec une valeur double de contraste par rapport au SID (5 répétitions × 3 excentricités) ont été présentées. Le but était de proposer des stimuli (fort contraste) avec une forte probabilité de détection, et des stimuli (nul) permettant des fausses détections. La position des stimuli a été choisie pour éviter des intersections entre la cible et le circuit, ce qui aurait changé le contraste de la cible. L'excentricité de chaque cible périphérique a été calculée avec l'hypothèse que les sujets fixaient le mobile en déplacement. Les mouvements du mobile durant la présentation de la cible (150 ms) n'ont pas été pris en compte pour le calcul de la position de la cible.

Procédure. Lors de la condition de double tâche (groupe expérimental), la tâche sensorimotrice était considérée comme la tâche primaire et la tâche de détection comme la tâche secondaire. Les mêmes cibles périphériques que lors de la phase 1 ont été utilisées. Il était demandé aux sujets de presser la pédale dès qu'ils détectaient une cible en vision périphérique tout en déplaçant le mobile sur le circuit. Les sujets devaient répondre aussi rapidement que possible, sans stopper la tâche de déplacement, qu'ils devaient considérer comme leur priorité. Pour le groupe contrôle, les conditions et instructions étaient semblables à la phase 2.

RESULTATS

Seuils de Détection Périphérique (Phase 1)

Le tableau 1 montre le taux de détection de cibles (% de réponses correctes) pour les trois excentricités en fonction du contraste de luminance. En moyenne, le taux de détection diminue de 57,2% à 44,4% et 30,7% pour respectivement une excentricité de 1,5°, 4° et 7°. De plus, le taux de détection augmente de 1% à 91,2% en fonction des contrastes. Il est à noter que seulement 1,2% de fausses détections ont été enregistrées, ce qui ne permet pas une analyse en termes de théorie de détection du signal [38].

Les analyses de variance multivariées pour mesures répétées (MANOVA) (Excentricité (3) × Contraste (6) × Condition (10)) indiquent que l'effet du contraste (F (5, 701) = 559,62, $p < .0001$), de l'excentricité (F (2, 701) = 270,98, $p < .0001$) et l'interaction de ces deux facteurs sont significatifs (F (10, 701) = 51,70, $p < .0001$). Cependant, le facteur Groupe n'est pas statistiquement significatif (F(1, 701) = 0,05, p<.8194).

Tableau 1. Pourcentage de détection de cibles en vision périphérique en fonction du contraste de luminance selon différentes excentricités, phase 1 de l'expérience, condition de tâche simple (moyenne sur 39 sujets).

Excentricités	Valeurs de contraste						
	0,00	0,10	0,21	0,33	0,41	0.60	μ
1,5°	0,5	2,8	63,6	85,9	93,8	96,4	57,2
4°	0,8	0,5	21,8	61,8	87,7	93,8	44,4
7°	1,8	0,5	3,6	30,3	64,9	83,3	30,7
μ	1,0	1,3	29,7	59,3	82,1	91,2	44,1

A partir de ces résultats, un Seuil Individuel de Détection (SID) a été calculé pour chaque participant. Le tableau 2 présente le nombre de sujets ayant un SID donné, pour les trois excentricités. Les analyses de variance multivariées pour mesures répétées (MANOVA) (Excentricité (3) × Groupes (2)) indiquent que l'effet du groupe (F (1, 116) = 0,04; p < .8497) n'est pas significatif. Le facteur excentricité est cependant statistiquement significatif (F (1, 116) = 124,73; p < .0000), ce qui n'est pas surprenant étant donné que les SID sont calculés sur les données précédentes. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative (F (1, 116) = 0,12; p < .8892).

Tableau 2. Effectif pour chaque valeur de SID et d'excentricité pour les groupes 1 et 2, et valeurs moyennes du groupe 1 (groupe contrôle) et du groupe 2 (groupe expérimental).

SID	1,5°			4°			7°			Total
	G1	G2	Total	G1	G2	Total	G1	G2	Total	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,21	12	11	23	0	0	0	0	0	0	23
0,33	4	5	9	10	7	17	2	1	3	29
0,41	2	3	5	6	11	17	9	11	20	42
0,60	1	1	2	3	2	5	8	8	16	23
Total	19	20	39	19	20	39	19	20	39	117
SID Moyen	0,28	0,29	0,29	0,39	0,40	0,39	0,48	0,48	0,48	

L'effet de la Tâche de Détection sur la Tâche Sensorimotrice (Comparaison des Phases 2 et 3)

Deux indicateurs de performance pour la tâche sensorimotrice ont été enregistrés : la distance parcourue sur le circuit en 5 minutes et le nombre de sorties de circuit. Le tableau 3 montre le nombre moyen de sorties pour les phases 2 (SM, G1 et G2) et 3 (SM, G1 et SM + DT, G2).

Tableau 3. Performances moyennes pour la tâche SM, phases 2 et 3 de l'expérience. La condition de la phase 3 est une simple tâche pour le groupe 1 et une double tâche pour le groupe 2.

Groupes		Phase 2		Phase 3	
		Sorties	Distance	Sorties	Distance
1 (n = 19)	μ	42	3966	27	4734
	σ	25	818	18	1013
2 (n = 20)	μ	41	4245	35	4686
	σ	35	1224	33	1525

Note: Plus grande est la distance, meilleure est la performance.

Les analyses de variance multivariées pour mesures répétées (MANOVA) (Groupe (2) × Phase (2)) sur la distance parcourue révèlent un effet significatif du facteur « Phase » (F (1, 77) = 25,32; p < .0001). Le facteur « Groupe » (F (1, 77) = 0,001; p = .9799) et les interactions entre les facteurs ne sont pas significatives. En moyenne, les distances parcourues augmentent de la phase 2 (M = 4109,36, c'est-à-dire 4,566 tours de circuit) à la phase 3 (M = 4709,56, c'est-à-dire 5,233 tours de circuit). En ce qui concerne les sorties de circuit, les analyses de variance multivariées pour mesures répétées (MANOVA) indiquent un effet significatif pour le facteur « Phase »(F (1, 77) = 12,89; p = .0010). Le nombre moyen de sorties diminue de 41,5 à 31 de la phase 2 à la phase 3. Le facteur « Groupe » (F (1, 77) = 0,04; p = .8367), et les interactions entre facteur ne sont pas statistiquement significatifs. Il y a en moyenne 34,5 sorties dans le groupe 1 et 38 sorties dans le groupe 2.

Globalement l'effet de la phase et l'addition de la tâche secondaire présentent la même tendance en termes de distance parcourue et de nombre de sortie. En d'autres termes, la répétition de la tâche induite d'un point de vue temporel de meilleures performances, la distance parcourue augmente et le nombre de sorties diminue. L'absence de significativité en termes d'interaction indique que la tâche secondaire (détection périphérique) n'a pas d'impact sur la tâche primaire.

L'effet de la Tâche Sensorimotrice sur la Détection de Cible Périphériques (Comparaison des Phases 1 et 3)

Pour évaluer l'effet de la tâche SM sur la détection de cibles en périphérie, nous avons comparé les performances des sujets du groupe 2 (groupe expérimental) entre la phase 1 et 3. Pour la tâche de détection, la variation moyenne entre la phase 1 (simple tâche) et la condition de double tâche (phase 3) est présentée dans le tableau 4, pour les excentricités 1,5°, 4° et 7°.

Tableau 4: Pourcentage de détections correctes à la tâche de détection périphérique pour des valeurs de contraste fixées par le Seuil Individuel de Détection (SID). Les données sont extraites de la condition de la tâche simple de la phase 1, et de la condition de la double tâche de la phase 3, pour les sujets du groupe 2.

	Excentricités			
	1,5°	4°	7°	μ
SID	0,290 (σ =0,107)	0,397 (σ =0,079)	0,482 (σ =0,100)	
Phase 1 (%)	87,0	87,5	78,0	84,2
Phase 3 (%)	69,0	71,0	60,0	67,5
μ	78,8	79,5	69,3	

Lorsque nous analysons les performances de détection entre la simple tâche et la double tâche, nous trouvons une diminution globale : les performances en détection diminuent de 84,2% à 67,5% ($F(1, 119) = 32{,}31$, $p < .001$). Les performances diffèrent aussi en fonction du degré d'excentricité ($F(2, 119) = 5{,}34$, $p = .009$). Les analyses statistiques indiquent qu'il n'y a aucune différence statistique en terme de performance entre l'excentricité 1,5 et 4° ($F(1, 39) = 0{,}07$, $p = .793$). Cependant, la performance à 7° d'excentricité diffère significativement à la fois de l'excentricité 1,5° ($F(1, 39) = 11{,}14$, $p = .0019$) et 4° ($F(1, 39) = 12{,}97$, $p = .0009$).

DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact de l'ajout d'une activité à la détection de cible en vision périphérique, selon différentes excentricités. Comme dans Plainis et al. [29], les niveaux de luminance ont été choisis dans le domaine mésopique, puisque le domaine d'application de cette étude est l'éclairage routier. Une tâche sensorimotrice a été choisie dans le but de tendre vers la tâche de conduite, ce qui n'a jamais été fait dans ce contexte à notre connaissance. Nous avons étudié les excentricités allant de 1,5° à 7° en lien avec le domaine d'application de notre étude qui est l'éclairage routier, dont l'une des fonctions est de permettre/améliorer la détection de cibles sur la chaussée. Les photorécepteurs cônes semblent prédominer à ces excentricités lors de la tâche de conduite sans trafic. Ils permettent donc d'utiliser la définition de la luminance photopique (V(λ)), ce qui n'aurait pas été possible à des excentricités plus élevées [6]. Ce domaine est différent de Plainis & al. [29] qui ont exploré les excentricités de 5 à 30°.

Les taux de détection de la phase 1 ont permis de déterminer des contrastes individuels pour un taux de détection supérieur à 70%. Ces SID ont été utilisés dans la condition de double tâche pour mesurer la détérioration du taux de détection du fait de l'ajout de la tâche de déplacement d'un mobile. La position de la cible dans la condition de double tâche était calculée avec l'hypothèse sous-jacente que la demande attentionnelle de la tâche SM était suffisamment importante pour entraîner une focalisation sur le mobile à déplacer. Cela n'a pas pu être vérifié avec des données oculométriques, mais l'effet de l'excentricité sur la détection de cible (à la fois pour la tâche simple (phase 1) et la condition de double tâche (phase 3)) va dans le sens de cette hypothèse.

Les cibles sont plus difficilement détectées lorsque l'individu est déjà engagé dans la réalisation d'une activité sensorimotrice, et vont dans le sens d'autres résultats sur l'effet d'une tâche fovéale sur une tâche de détection périphérique [par ex., 23]. Ces résultats démontrent que les modèles de dimensionnement de l'éclairage public basés sur des expérimentations où l'unique tâche est la détection sont limités. Bien que la situation de notre expérience soit elle aussi une tâche artificielle, elle permet de tendre vers des études plus écologiques pour la conception de l'aménagement routier.

L'approche que nous avons adoptée nous permet de proposer un facteur correctif au VL standard qui pourrait prendre en compte l'excentricité et l'effet de la double tâche. Classiquement un VL = 7 ou 10, basé sur une approche heuristique, est utilisé par les praticiens de l'éclairage sous le nom de « field factor ». Nous proposons d'ajouter à ce modèle un facteur (nommé φ) qui prendrait en compte l'effet de l'excentricité et de la double tâche sous la forme $VL_{DT} = \frac{\Delta L}{\Delta L_s} \times \varphi$, ce qui donnerait une valeur de « field factor » plus petite. Un modèle quantitatif devrait utiliser la même situation expérimentale que celle exposée dans cet article avec un échantillon représentatif de la population des conducteurs pour un pays donné. Nous sommes conscients que d'autres facteurs devront être pris en compte en référence à la tâche de conduite. Le groupe contrôle permet de montrer que l'addition de la détection périphérique n'a pas d'effet significatif sur les performances à la tâche SM, ce qui pourrait être discuté en terme de complexité de la tâche de détection [8]. Une suggestion est que la tâche SM utilisée dans cette expérience est moins demandeuse que la conduite automobile en terme de ressources attentionnelles et cognitives. Si cela est vrai, alors la situation expérimentale proposée ici est une estimation basse du facteur correctif φ.

Deux paramètres importants ont été introduits : la détection périphérique plutôt que la détection fovéale utilisée dans le modèle STV, et la double tâche plutôt que la simple tâche de détection. D'autres facteurs pourraient

améliorer le modèle STV [e. g. 22; 25; 31] : la cible standard est plus difficile à détecter que la plupart des cibles réalistes qui peuvent être rencontrées sur la route, tels que les usagers vulnérables (piétons), qui diffèrent en termes de taille, de complexité de forme et de texture. Le calcul actuel du VL d'une cible ne considère pas non plus l'effet des feux du véhicule. Enfin, les modèles STV se focalisent sur la détection de cible, sans prendre en considération les autres composants de la situation dynamique et complexe qu'est la situation de conduite.

Notre approche de l'étude de la visibilité routière en relation à la tâche de conduite automobile donne des pistes pour aller plus loin. Dans cette étude, nous avons considéré les modèles actuels de visibilité routière, définis par les ingénieurs de la route et les praticiens de l'éclairage. Des situations expérimentales plus réalistes et/ou écologiques du point de vue de la conduite pourraient permettre de proposer des spécifications en éclairage routier basées sur des fondements plus scientifiques. Ces situations expérimentales investigueraient d'autres aspects pertinents de la conduite en utilisant différents types de protocoles tels que (a) les vidéos de scènes routières (b) les simulateurs de conduite et (c) les études en conduite réelle sur piste fermée.

Le simulateur de conduite permet un meilleur contrôle de la situation expérimentale par rapport aux expériences en situations réelles. Lingard & Rea [24] ont étudié la détection fovéale dans le domaine mésopique sur simulateur de conduite (jeu vidéo). Leurs résultats suggèrent un effet de la Distribution Energétique Spectrale (DES) de sources lumineuses pour des cibles de faible contraste dans un domaine de 12° à 29°. Cependant, la question de la validité écologique de l'étude de la perception du conducteur avec ce type de méthodologie reste ouverte [19], c'est pourquoi il faut que les limites de ce type d'étude soient posées et prises en compte dans l'interprétation des résultats. La simulation de conduite a été comparée à une situation de laboratoire utilisant les vidéos [26] en terme de comportement visuel, et des vidéos routière ont été utilisées pour évaluer la prise d'information visuelle en conduite [12]. Cependant, les expériences en conduite réelle sont plus utilisées dans le champ de la visibilité routière [Voir 7; 21 pour une discussion]. En ce qui concerne l'éclairage routier, ces études se sont intéressées, dans les années 1970 et 1980, à la mise au point d'un seuil de performance visuel [14; 15; 36]. Comme nous l'avons vu précédemment, aucun consensus n'émerge, en partie à cause de la difficulté à généraliser une étude spécifique sur piste à la conception de l'éclairage. Des études plus récentes se focalisent sur la technologie de l'éclairage [3] ou s'intéressent aux tests visuels les plus pertinents pour la conduite [39; 40].

Le cadre général de nos travaux futurs doit inclure une expérience sur piste sous éclairage public et des expériences en laboratoire, à la fois sur des vidéos de scènes routières de nuit, et sur simulateur de conduite. Les vidéos routières nous permettrons d'intégrer les facteurs de sémantique, de dynamique et (jusqu'à un certain point) la photométrie de l'environnement visuel. L'utilisation de la simulation de conduite devrait permettre d'appréhender la tâche de conduite tout en contrôlant les paramètres expérimentaux et en maîtrisant le risque pour le sujet. Son coût est un réalisme moindre des propriétés visuelles de la scène et de l'environnement proprioceptif. Nous pourrions qualifier notre approche de pas-à-pas, permettant une discrimination des effets les plus importants de la vision en conduite de nuit [9] dans le but de proposer un meilleur critère de visibilité routière. Nous espérons que cette démarche contribuera à un modèle de visibilité routière plus opérationnel et conduira les spécifications des praticiens de la route lors de la conception de l'éclairage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les sujets pour leur participation et Ludovic Simon pour son assistance dans la mise en place matérielle. Ils remercient également la RATP pour le prêt des manivelles.

REFERENCES

[1] Adrian, W. (1987). Visibility levels under night-time driving conditions. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3-12.

[2] AFE. (2002). *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*.

[3] Akashi, Y., Rea, M. S., & Bullough, J. D. (2007). Driver decision making in response to peripheral moving targets under mesopic light levels. *Lighting Research and Technology, 39*(1), 53-67.

[4] Blackwell, H. R. (1946). Contrast thresholds of the human eye. *Journal of Optical Society of America, 36*(11).

[5] Brémond, R. (2007). *Quality indexes for road lighting: a review.* Paper presented at the 26th session of the CIE, 4-11 july 2007, Beijing, China.

[6] Bullough, J. D., & Rea, M. S. (2000). Simulated driving performance and peripheral detection at mesopic and low photopic light levels. *Lighting Research and Technology, 32*(4), 194-198.

[7] Bullough, J. D., & Rea, M. S. (2004). *Visual Performance under Mesopic Conditions: Consequences for Roadway Lighting*. Paper presented at the 83rd Annual Transportation Research Board Meeting.

[8] Chan, H. S., & Courtney, A. J. (1993). Effects of cognitive foveal load on a peripheral single-target detection task. *Perceptual and motor skills, 77*, 515-533.

[9] CIE. (1992). *Fundamentals of the Visual Task of Night Driving*. Vienna.
[10] CIE. (1992). *Road lighting as an accident countermeasure* (No. Publication CIE 93).
[11] CIE. (2002). *The correlation of models for vision and visual performance* (No. publication n°145).
[12] Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception, 28*, 1075-1087.
[13] European Norm. (2004-2005). *13 201 series : Road lighting*.
[14] Gallagher, V. P., & Meguire, P. G. (1975). *Driver visual needs in night driving* (No. TRB Special Report 156).
[15] Hills, B. L. (1975). Visibility under night driving conditions. Part 2. Field measurements using disc obstacles and a pedestrian dummy. *Lighting Research and Technology, 7*(4), 251-258.
[16] Hills, B. L. (1980). Vision, visibility, and perception in driving. *Perception, 9*, 183-216.
[17] IESNA. (2000). *American National Standard Practice for Roadway Lighting, RP-8-00*. New-York.
[18] Ikeda, M., & Takeuchi, T. (1975). Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception & Psychophysics, 18*(4), 255-260.
[19] Kemeny, A., & Panerai, F. (2003). Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends in cognitive sciences, 7*(1), 31-37.
[20] Lahy, J. M. (1933). Le premier laboratoire psychotechnique ferroviaire français aux chemins de fer du nord. *Le Travail Humain*, 409-431.
[21] Langham, M. P., & Moberly, N. J. (2003). Pedestrian conspicuity research: a review. *Ergonomics, 46*(4), 345-363.
[22] Lecocq, J. (1999). Calculation of the visibility level of spherical targets in roads. *Lighting Research and Technology, 31*(4), 171-175.
[23] Leibowitz, H. W., & Appelle, S. (1969). The effect of a central task on luminance thresholds for peripherally presented stimuli. *Human Factors, 11*, 387-392.
[24] Lingard, R., & Rea, M. S. (2002). Off-axis detection at mesopic light levels in a driving context. *Journal of the illumating engineering society, 31*(1), 33-39.
[25] Mace, D. J., & Porter, R. J. (2004). *Fixed raodway lighting: The effect of lighting geometry and photometry on target visibility and driver comfort*. Paper presented at the TRB.
[26] Martens, M. H., & Fox, M. (2007). Does road familiarity change eye fixations? A comparaison between watching a video and real driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 10*(1), 33-47.
[27] Onisr. (2006). Les grandes données de l'accidentologie 2006 http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/infos-ref/observatoire/accidentologie/index.html
[28] Owsley, C., & McGwin, J. G. (1999). Vision impairment and driving. *Survey of ophthalmology, 43*(6), 535-550.
[29] Plainis, S., Murray, I. J., & Chauhan, K. (2001). Raised visual detection thresholds depend on the level of complexity of cognitive foveal loading. *Perception, 30*, 1203-1212.
[30] Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review, 78*, 391-408.
[31] Raynham, P. (2004). An examination of the fundamentals of road lighting for pedestrians and drivers. *Lighting Research and Technology, 36*(4), 307-313.
[32] Rea, M. S. (1982). An overview of visual performance. *Lighting design & application*, 35-41.
[33] Sivak, M. (1996). The information that drivers use: is it indeed 90% visual? *Perception, 25*, 1081-1089.
[34] Ullman, G., & Finley, M. (2007). *Challenges to implementation of work zone lighting guideline*. Paper presented at the 17th TRB Visibility Symposium
[35] Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). VIsual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F, 5*, 87-97.
[36] Van Bommel, J. M., & Tekelenburg, J. (1986). Visibility research for road lighting based on a dynamic situation. *Lighting Research and Technology, 18*(1), 37-39.
[37] Wandel, B. A. (1995). *Foundations of vision*: Sinauer associates Inc. USA.
[38] Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). Signal Detection, Information Theory, and Absolute Judgment. In C. D. Wickens & J. G. Hollands (Eds.), *Engineering psychology and Human Performance*. New Jersey: Prentice Hall.
[39] Wood, J. M. (2002). Age and visual impairment decrease driving performance as measured on a closed-road circuit. *Human Factors, 44*(3), 482-494.
[40] Wood, J. M., & Owens, D. A. (2005). Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. *Optometry and Vision Science, 82*(8), 699-705.

⁂

POSTERS ET DEMONSTRATIONS

⁂

Evolution des méthodes : l'importance des utilisateurs

Véronique Heiwy

CRIP5
Université Paris Descartes
45 rue des Saints-Pères 75270 Paris cedex 06
heiwy@univ-paris5.fr

RESUME
Dans cet article nous nous intéressons aux méthodes du génie logiciel et, après avoir listé de nouvelles évolutions pour ces dernières, nous proposons des critères d'évaluation pour prendre en compte l'importance des utilisateurs dans la comparaison de méthodes.

MOTS CLES : Méthodes d'analyse et de conception, utilisateur, IIHM, Evaluation.

ABSTRACT
This paper describes the last trend of evolution for analysis and design methods. It also proposes a set of criteria centred on users to compare these methods.

KEYWORDS : Analysis and Design methodology, final user, Evaluation, Interactive software.

INTRODUCTION

L'objectif d'une méthode d'analyse et de conception est de proposer une aide structurée, des possibilités de formalisation d'un problème (des modèles), de bonnes pratiques pour supporter l'exécution d'une tache, des outils pour faciliter la représentation des modèles, pour générer une documentation voire produire un embryon du code qui servira lors des développements.

A la fin des années 70, des modèles comme *Entity-Relationship model* [4] ont eu un tel succès qu'ils ont été imités dans d'autres méthodes. C'est le cas pour le modèle conceptuel de données (MCD) de la méthode MERISE [21]. Dans les années 90, le paradigme objet a fait son apparition. Il a conduit à la production de nombreuses méthodes orientées-objet en écho à la définition de langages de programmation orientés-objet depuis Smalltalk en 1972 jusqu'à Java en 1995. Cette profusion de méthodes a ensuite laissé place à un formalisme unique et standardisé, UML [19]. Ce formalisme aux multiples diagrammes s'inscrit dans le courant *Model Driven Architecture* défini par l'OMG qui prône l'utilisation des modèles à toutes les étapes d'un projet de développement de système d'information.

La recherche sur les méthodes propose de nouvelles directions pour tenir compte des besoins soulevés par l'évolution des technologies ou de nouveaux besoins fonctionnels.

C'est ainsi qu'avec Internet et ses documents hypertextes, la ***modélisation documentaire*** est apparue, s'appuyant sur des langages semi-structurés comme SGML puis XML. Initialement destiné à faciliter l'échange de données dans les formats hétérogènes, XML et le XML schéma comme version simplifiée et plus visuelle de la DTD (Data Type Definition) jouent aussi un rôle de langage de modélisation documentaire. [7] rend compte d'une nouvelle approche : des méthodes ***orientées-service***. Le projet CREWS [16] a proposé des fragments de méthodes ***orientés-scénario*** pour faciliter l'analyse des besoins. L'assemblage de ces fragments permet de créer de nouvelles méthodes. Le ***paradigme agent***, lui, prend une part importante pour des applications devant allier *sécurité* et *mobilité*. La notion d'agent est différente de celle d'objet, même si ces deux concepts présentent également des points communs. Odell a proposé une version orientée agent d'UML intitulée Agent–UML (ou AUML [12]) pour modéliser des systèmes multi-agents. D'autres méthodes de conception orientées-agent existent ([15]) telles que Gaia [24], Tropos [11], Prometheus [14], ou MaSE [23].

Voyons maintenant les étapes de la méthode (ou **démarche**) permettant de transformer un ensemble de besoins exprimés en un artefact. Parmi les travaux remarquables, citons le meta-modèle *SPEM* (Software Process Engineering Metamodel) [13], les modèles en cascade [18] & [1], en V [1], en spirale [2], le modèle *Nature* [17], et le *processus unifié* (très tendance) centré autour de l'itération, de la phase et de la discipline. Les méthodes « agiles » comme *eXtreme Programming* s'appuient sur le processus unifié [6].

Les **outils** font généralement partie de la définition d'une méthode, bien qu'optionnels. Avec le succès du formalisme UML, il n'est pas difficile de trouver un AGL (Atelier de Génie Logiciel) : *Objecteering, Rational, XDE, MEGA, Windev*, permettent de construire les diagrammes UML via une interface graphique, de générer automatiquement la documentation et le code correspondant aux classes créées en C++ ou en Java. L'absence d'outil pour une méthode est souvent son talon d'Achille. Ainsi par exemple, MACAO [5], méthode de conception d'interfaces graphiques n'est pas outillée. Ceci diminue nettement son intérêt.

PRISE EN COMPTE ACCRUE DE L'UTILISATEUR

L'ingénierie des IHM (IIHM) a pour mission de construire des interfaces suscitant des interactions compatibles avec des attentes et capacités de l'utilisateur. Enrichir des méthodes sous l'angle des IHM incite les informaticiens à intégrer le facteur humain. Comme il est souligné dans [3], « les apports du génie logiciel pour l'IIHM restent insuffisants pour les informaticiens non avertis ». Dans [10], une revue comparative dégage deux critères : ***le degré d'implication de l'utilisateur et le moment de cette implication***. Elle montre une implication discontinue et modérée des utilisateurs puisque ces derniers sont consultés en début et en fin de développement et ce, de manière tempérée.

Que dire de la prise en compte de l'ergonomie dans les nouvelles méthodes de conception ? C'est probablement le courant des ***méthodes centrées utilisateur*** qui traduit le mieux cette évolution des mentalités. La norme ISO 13407 [9] régit ces exigences de prise en compte de l'utilisateur. Ces méthodes présentent plusieurs points communs : une analyse de l'activité menée, une modélisation de l'utilisateur, une modélisation de la tâche et des concepts du domaine, une modélisation des concepts informatiques, une modélisation de l'interaction, un processus de développement itératif. De nouvelles méthodes ou évolutions s'inscrivent dans ce courant. Ainsi, dans son article [22], l'auteur plaide pour une **pré-analyse**, lors du démarrage d'un projet. Comme il le fait très justement remarquer, le projet fait interagir différents acteurs n'ayant pas forcément des compétences informatiques et donc pas forcément aptes à comprendre des modèles formalisant le système comme par exemple UML. L'auteur propose une phase de pré-modélisation s'appuyant sur la notion de ***procédé***, développée sous le nom de méthode PRAXEME. Les ***méthodes agiles*** s'inscrivent aussi dans cette tendance. Ainsi, la méthode *extreme programming*, propose de faire travailler des petites équipes de projet dans des conditions favorisant la place donnée à l'utilisateur et en s'inscrivant dans une démarche itérative. Les valeurs prônées par ces méthodes sont très intéressantes même si leur mise en place se limite à de petites équipes. L'une des conséquences d'une meilleure prise en compte de l'utilisateur se mesure sur les IHM générées. Qu'en est-il de la ***modélisation d'interface homme machine (IHM)*** ? Existe-t-il des méthodes spécialisées pour cela ? L'IIHM s'intéresse bien sûr aussi à cette problématique. Des méthodes existent, MACAO par exemple, mais des diagrammes UML comme le diagramme de séquence, de communication ou d'états-transitions peuvent s'avérer efficaces pour décrire une interface graphique avant de l'implémenter.

Dans la suite de cet article, nous nous intéressons à l'évaluation de méthodes et proposons d'intégrer, dans la notation d'une méthode la prise en compte des problématiques soulevées dans l'IIHM et particulièrement la place de l'utilisateur.

EVALUATION DE METHODES

Des travaux sur l'évaluation et la comparaison de méthodes ont été réalisés sur les méthodes orientées-objet, avant UML. Actuellement, la communauté Agent se trouve face à une situation similaire de profusion de méthodes de conception. Les travaux d'évaluation leur sont donc nécessaires. La définition de la notion de méthode a évolué depuis UML, les concepts sont clairement distingués des formalismes utilisés pour les modéliser. Ainsi, [20] défini une méthode comme quadripolaire (les concepts et propriétés, le formalisme de représentation, le processus, tout le support (outillage, ressources pédagogiques, formations, tutoriels, etc.)). La comparaison de méthodes orientées-agent proposée dans [15] s'appuie en partie sur cette nouvelle définition. Nous rappelons ces critères et proposons de **les affiner** pour prendre en le rapprochement du génie logiciel et de l'IIHM.

L'évaluation de méthodes s'appuie sur quatre ensembles de critères: (a1) autonomie, (a2) réactivité, (a3) proactivité, (a4) aptitude sociale, pour les « concepts et propriétés » ; (b1) modularité, (b2) expressivité, (b3) accessibilité, (b4) capacité à être analysé, (b5) gestion de la complexité, (b6) executabilité, (b7) précision, pour le « formalisme » ; (c1) couverture du cycle de vie, (c2) liste des activités, (c3) livrables produits, (c4) support de la vérification et de la validation, (c5) assurance qualité, (c6) aide à la gestion de projet, pour le « processus » ; (d1) ressources disponibles, (d2) niveau d'expertise requis, (d3) langage approprié, (d4) domaines d'application, (d5) adaptabilité, pour le « support ». Chaque critère est noté sur une échelle allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon). A l'exception de ceux liés aux « concepts et propriétés », ces critères présentent une certaine universalité pour la comparaison de méthodes.

Voyons maintenant les critères proposés pour affiner [20]. Les critères a1 à a4, liés aux concepts et propriétés sont paradigme-dépendants ; aussi nous proposons de les remplacer par : (a'1) capacité des concepts à faire émerger les besoins ; (a'2) degré de couverture par rapport au paradigme de la méthode (a'3) simplicité des concepts.
Nous proposons de compléter les autres critères par :
(b8) catégorie à laquelle appartient le formalisme (formel, semi-formel ou informel) ; (b9) le formalisme utilisé permet-il une validation formelle du modèle? (c7) cette méthode propose-t-elle des heuristiques pour faciliter chaque étape du processus ? (c8) A quel *modèle de processus* sa description est-elle adossée : V, Y, Spirale, Fontaine, Cascade, processus unifié? [20] prend en compte la présence d'outil comme une sous-rubrique du « support » alors que dans [8], la part de la note portant sur l'outillage représente 25% de la note globale. Nous pensons qu'il est intéressant de détailler le critère (d1) « ressources disponibles » pour faire ressortir la dimension « outil ». Ceci afin de noter pas uniquement l'existence des ressources mais aussi leur qualité : (d1.1)

ressources (hors outils) disponibles. L'évaluation de ce critère est juste lorsque l'on compare des méthodes proches, liées à un même paradigme ou datant de la même époque. A défaut, il faut l'adapter, noter le ratio (nombre de références /an) plutôt que la quantité de références. (d1.2) « Existe-t-il un ou des **outils** adossés à cette méthode? » est détaillé en : (d1.2.1) **qualités techniques** (S'agit-il de prototypes ou d'outils finis, voire commercialisés ? quel est le niveau d'achèvement de ces outils ? Fonctionnent-ils de manière satisfaisante ? Sur quelles plateformes sont-ils disponibles ?) (d1.2.2) **qualités fonctionnelles** (quelles sont les fonctionnalités de cet outil ? création des modèles ? vérification des modèles … syntaxique ? … sémantique ? production automatique de documentation ? génération de code ou de squelette de code ? … vers un ou plusieurs langages ? combien ? lesquels ? Environnement de développement ?) (d1.2.3) **qualités financières** quel est leur prix ? Ou quel est leur rapport qualité/prix ?

Terminons par l'ajout de ***critères liés à l'utilisateur*** : (a'4) Les concepts (respectivement (b10) Les formalismes de représentation) sont-ils compréhensibles par les utilisateurs ? (c8) Quelle place prend l'utilisateur à chaque étape du processus couvert par la méthode? (d6) Les résultats générés par le ou les outils sont-ils compréhensibles, au moins partiellement, par l'utilisateur, et ce, sans difficultés ? (Ce critère rejoint b10). (e1) Cette méthode respecte-t-elle la norme ISO 13407 ? La prise en compte des utilisateurs dans l'évaluation se fait: soit en décomposant la note en cinq rubriques dont une réservée aux utilisateurs, soit en ajoutant dans les quatre rubriques un critère en relation avec la prise en compte de l'utilisateur. Les deux solutions sont équivalentes pour Sturm et al. car on se situe au niveau « critère », chacun recevant une note. Ici, cela revient à identifier les critères comme a'4, b10, c8, d6 et e1 ou par e1, e2, e3, e4, e5.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons proposé d'étendre un cadre d'évaluation de méthodes pour pouvoir l'appliquer au-delà de son contexte initial: les méthodes orientées-agent et l'utiliser pour intégrer comme critère à part entière la place de l'utilisateur. Nous projetons de mettre en pratique ce cadre de référence étendu afin de réaliser une comparaison des méthodes du génie logiciel.

BIBLIOGRAPHIE

1. Boehm B. W., Software Engineering , *IEEE Transactions on Computer Science,* 12/1976.

2. Boehm B. W., "A spiral model of software development and enhancement", *IEEE Computer, vol 21, #5,* May 1988, pp 61-72.

3. Calvary G. Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine: Retrospective et Perspectives", Thèse de Doctorat, 2001.

4. Chen, Peter P., "The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data".*ACM Transactions on Database Systems* 1(1): 9-36, 1976.

5. Crampes J-B, "Interfaces graphiques ergonomiques, conception et modélisation" ; Ed. Ellipses; 1997.

6. Donvan C. Wells, J., The eXtrem Programming Project, 2000.

7 Dupuy-Chessa S., Rieu D. « Interaction Homme Machine dans le développement des SI », Revue ISIvol2 n°6/2007, 144p.

8. Heiwy V., "Méthodes orientées-agent: les comparer pour mieux les apprécier », Rapport Interne CRIP5, Février 2008.

9. ISO 13407 : Processus de conception centré sur l'opérateur humain pour les systèmes interactfs, 1999.

10. Kolski C. Ezzedine H., Abded M., "Développement du logiciel: des cycles classiques aux cycles enrichis sous l'angle des IHM", Analyse et Conception de L'IHM, Interaction homme-machine pour les Systèmes d'Information, Volume 1, Kolski C. (coordinateur), Editions Hermès, Mai 2001, pp23-49.

11. Mylopoulos J., Kolp M. and Castro J., "UML for agent-oriented software development: the Tropos proposal". *In Proceedings of the Fourth International Conference on the Unified Modeling Language (UML 2001),* Toronto, Canada, October 2001.

12. Odell J. Parunak H. V. D., Bauer B., "Representing Agent Interaction Protocols in UML", *In Ciancarini P. and Wooldridge M. (eds): Agent-Oriented Software Engineering. 2nd International conference on Software Engineering (ISCE).* Springer-Verlag, Berlin, (2001) 121-140.

13 OMG, the Software Process Engineering Metamodel 2.0, 2008, http://www.omg.org/technology/documents/formal/spem.htm.

14. Padgham L., Winikoff M., "Prometheus: a methodology for developing intelligent agents" *in F. Giunchiglia, J. Odell and G. Weiss, editors, AAMAS Workshop on Agent-Oriented Software Engineering (AOSE)*, Bologna, Italy, July 2002.

15 Picard G. "Méthodologie de développement de systèmes multiagents adaptatifs et conception de logiciels à fonctionnalité émergente », thèse de doctorat, décembre 2004.

16 Plihon V., Ralyté J., Benjamen A., Maiden N.A.M., Sutcliffe A., Dubois E., Heymans P., "A Reuse-oriented Approach for the Construction of Scenario Based Methods", Proceedings of the 5th International Conference on Software Process (ICSP98), Chicago, Illinois, USA, June 1998.

17. Rolland C., Grosz G., Plihon V., "*Process Modelling*", in "The NATURE of Requirements Engineering", M. Jarke, C. Rolland, A. Sutcliffe (eds), Shaker Verlag, Aachen, 1999, p. 175-200.

18. Royce W.W.; "Managing the development of large Software Systems", *Proc. IEEE Wescon*, August 1970.

19. Rumbaugh J., Jacobson I., Booch G., "The Unified Modelling Language – reference Manual", Addison Wesley (2299), 1999.

20 Sturm A. , Shehory O., A framework for evaluating Agent-Oriented Methodologies, *AOIS 2003, LNAI 3030*, pp : 94-109, 2004, Springer–Verlag Berlin Heidelberg 2004.

21. Tardieu H., Rochfeld A., Colletti R., (1983). *La méthode Merise - Tome 1 Principes et outils*. Editions d'organisation (Paris) : 328 p. ISBN 2-7081-1106-X, 1983.

22 Vauquier D. "La modélisation sémantique: Un aperçu des procédés de modélisation dans la méthode publique PRAXEME",La letter Adeli n°69–Automne2007,pp: 32-41.

23. Wood M. F., DeLoach S. A., "An overviews of the Multiagent Systems Engineering Methodology", *In Agent-Oriented Software Engineering, Proc. of the First International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering,* June 2000, Limerick, Ireland, Ciancarini P. and Wooldridge M. (eds),Lecture Notes in Computer Science,Vol. 1957 Springer Verlag,Berlin,January 2001.

24. Wooldridge M., Jennings N. H., Kinny D., "The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design",*in Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3). pp. 285-312, 2000

Pratiquer l'ingénierie système en formation par projet Retours d'expériences

Jean-Claude TUCOULOU
Directeur Scientifique de l'AFIS
Animateur du GT Métiers Compétences Formation

Association Française d'Ingénierie Système
Parc Club Orsay Université
32, rue Jean Rostand
91893 0RSAY Cedex - France
jc.tucoulou@afis.fr
jc.tucoulou@yahoo.fr
06 88 06 88 78

RESUME
L'objectif de cette étude est de présenter l'apport d'une démarche d'ingénierie système et de management de projet appliquée dans le domaine de l'enseignement et de la recherche. Suivant le contexte, il s'agira, soit d'aborder tout travail de recherche, d'études ou de développement, comme un projet structuré, piloté et contrôlé, et à utiliser des méthodologies d'ingénierie système, soit de faire réaliser des projets de conception ou de développement en supports à une formation. La mise en œuvre d'une telle démarche est préparée par une action de sensibilisation/formation des enseignants ou tuteurs encadrant ces projets et travaux de recherche. Elle est complétée par une action d'accompagnement dans la définition et l'organisation du projet et dans la communication permettant une vision partagée avec les étudiants ou chercheurs.

MOTS-CLES: formation, recherche, ingénierie système, management de projet.

ABSTRACT
The objective of this study is to present the contribution of a step of system engineering and project management applied in the formation and research area. According to the context, it will act, either to approach research activity, study or development, like a structured and managed project, and to use methodologies of system engineering, or to make carry out projects in supports with a formation. The implementation of such a step is prepared by a formation of the trainers or tutors framing these projects and research tasks. It is supplemented by an action of coaching in the definition and the organization of the project and in the communication allowing a vision shared with the students or researchers.

Key-WORDS: formation, research, system engineering, project management

INTRODUCTION
La démarche consiste à aborder tout ou partie du processus de cycle de vie d'une étude ou d'un projet - recherche, conception, développement et réalisation - conduisant du problème à la solution, non pas de façon intuitive, mais par une démarche d'ingénierie structurée et outillée [1].
Cette démarche sera d'autant justifiée et enrichissante que le sujet de l'étude ou le thème du projet sera complexe.
Cette démarche repose sur quelques grands principes de base :

- Bien identifier l'ensemble des parties prenantes de l'étude ou du projet.
- Définir les rôles, attentes et attendus de chacune des parties prenantes.
- Bien comprendre les rôles types respectifs d'un maître d'ouvrage, d'un maître d'œuvre principal (maître d'œuvre système) et des coopérants (sous-systémiers).
- Disposer d'une vision globale de l'étude ou du projet, en termes de contenu et de durée et déterminer le cadre extérieur dans lequel elle ou il s'inscrit.
- Mesurer l'importance des phases d'avant-projet et de faisabilité relativement à la préparation et à l'organisation du développement.
- Aborder l'étude ou le projet avec une approche orientée résultat, produit et service livrables, dans une relation fournisseur-client.
- Supporter les travaux d'étude ou de projet par une démarche globale structurée et outillée.
- Afin de permettre la compréhension et l'exploitation des travaux réalisés, assurer la traçabilité et la justification de tout élément de l'étude et du projet participant à l'obtention de son résultat.

Cette démarche permet d'abord d'atteindre de façon maîtrisée le résultat de l'étude ou du projet. S'inscrivant

aussi dans une action à caractère pédagogique, elle doit également permettre de répondre à la double problématique : comment bien enseigner/faire mettre en oeuvre l'ingénierie système et comment bien apprendre/utiliser l'ingénierie système.

Enfin cette démarche cherchera à sensibiliser ses acteurs sur l'importance et la difficulté de la prise en compte du facteur humain dans un système et dans son ingénierie.

METHODE

Contextes

La démarche proposée peut-être déclinée dans trois contextes types de recherche ou d'enseignement :

- Type 1 : L'enseignant décide de confier un travail d'étude ou de développement à une équipe d'étudiants qui prend globalement en charge ce projet et s'organise pour le conduire. La finalité est principalement le résultat à produire et secondairement l'acquisition d'une vision globale de l'ingénierie système et de son management et la possibilité d'en appliquer certaines méthodologies.
- Type 2 : L'enseignant prend en charge l'ingénierie globale et l'organisation du projet et confie la réalisation de chacune des composantes du système à une équipe dédiée d'étudiants. La finalité est principalement le résultat à produire et secondairement l'acquisition d'une capacité à comprendre et à mettre en œuvre des méthodologies élémentaires d'ingénierie système, dans un contexte de travail collaboratif (ingénierie concourante).
- Type 3 : L'enseignant confie le développement et la réalisation d'un système à une équipe d'étudiants. La finalité est la démonstration de la capacité de mise en œuvre globale d'une approche et de savoir-faire d'ingénierie système et de conduite de projet acquis ou en cours d'apprentissage. Le projet est très complet et relativement formaté – livrables et jalonnement - et a peu ou pas de finalité client ; il a pour objet de supporter la mise en œuvre de l'approche et des méthodologies de l'ingénierie système et du management de projet (bonnes pratiques).

Procédure

La première étape [2] consiste à travailler avec l'équipe pédagogique chargée d'organiser et de piloter l'étude ou le projet pour :

- Définir l'objet des travaux à réaliser.
- Préciser les limites dans le temps et la façon dont l'étude ou le projet s'inscrit dans le cursus de formation.
- Établir le référentiel :
    - Cahier des charges fonctionnel et/ou spécification technique.
    - Lotissement des travaux et fournitures
    - Plan de management : partage des rôles entre contributeurs, définition des phases et jalons majeurs.
- Préparer l'information-formation des étudiants concernés, en relation avec leur cursus.

La deuxième étape va consister à lancer et accompagner les travaux et vérifier ceux-ci au fur et à mesure de leur exécution et du passage des jalons, et à valider les résultats intermédiaires.

La troisième étape portera en fin de travaux en l'évaluation :

- du résultat global de ces travaux et fournitures,
- de la qualité de l'ingénierie et de la conduite du projet par les étudiants,
- de la qualité de la pédagogie appréciée par les étudiants.

Processus concernés

La connaissance du processus de Cycle de vie d'un système suivant la norme ISO 152288 et la connaissance et la pratique des processus contractuels, des processus techniques et des processus projets associés doit être, suivant le type de démarche, un objectif de sensibilisation, un élément de la formation en cours, un acquis préalable à la mise en œuvre.
Les principaux processus concernés sont :

- acquisition,
- fourniture,
- planification du projet,
- pilotage du projet,
- management des risques,
- management de configurations,
- définition des exigences par les parties prenantes,
- analyse des exigences,
- conception de l'architecture,
- intégration,
- vérification,
- validation,
- exploitation,
- maintenance.

PREMIERES EXPERIMENTATIONS

Une première opération a été réalisée par des référents de l'AFIS avec l'Université de Nancy Lorraine début 2008. Elle a concerné 3 projets s'apparentant aux types 1 et 2, confiés à des étudiants de niveaux M1 et M2 :

- Réalisation d'une plate-forme pédagogique de véhicule autonome intelligent (VAI) apte à supporter des travaux de recherche et de faisabilité de mise en œuvre de nouvelles technologies par une dizaine d'équipes d'étudiants intervenant au niveau sous-système.
- Étude et réalisation de l'intégration d'un système de gestion de configuration et de traçabilité de la production dans un outil de gestion de production utilisé par l'université pour sa formation en productique.

- Étude et réalisation par une équipe projet d'un drone d'observation, pouvant s'intégrer dans une flottille de drones coopératifs, objet d'une étude confiée à une autre équipe projet.

Ces trois projets en sont à leur deuxième étape.

Une deuxième opération – RobAFIS - est proposée en 2008 par l'AFIS aux Écoles d'ingénieurs et Universités pour la troisième année consécutive, sous forme de concours portant sur la conception et la réalisation d'un robot. Cette opération s'apparente au type 3 et concerne des étudiants en M2 et en Mastère spécialisé. Le bilan du concours 2007 a été publié dans les revues AFIS et INCOSE [3] et [4]. En 2008, le concours affirme encore un peu plus sa dimension pédagogique pour les accompagnants enseignants et les étudiants [5], pour les activités de rédaction et de mise en œuvre :

- d'un cahier des charges fonctionnels [6] et [7],
- d'un référentiel d'exigences [8] et [9],
- d'un référentiel de consultation [8],
- d'un référentiel de développement [9].

Le bilan du concours 2008 sera disponible en décembre.

PERSPECTIVES

Les premiers résultats permettent de constater :

- pour les enseignants et équipes pédagogiques, l'appropriation et la mise en pratique d'une démarche et de méthodologies d'ingénierie système et de conduite de projet, en relation avec les formations dispensées,
- pour les étudiants, l'opportunité d'acquérir une vue globale et cohérente de l'ingénierie système et de la conduite de projet, par une mise en œuvre concrète dans une étude ou sur un projet.

Un premier constat général porte sur la difficulté à faire prendre du recul relativement aux aspects techniques et technologiques des études et projets, source évidente d'intérêt et de motivation pour les acteurs, pour aussi intégrer la dimension propre à une ingénierie maîtrisée du produit à concevoir ou du résultat à obtenir. A l'opposé, il est heureux de constater que tout déploiement de bonne pratique démontre de façon incontestable l'apport des méthodologies sur la qualité du résultat obtenu, ce qui répond à l'objectif de sensibilisation et de formation. La démarche permet aussi de mieux faire comprendre la cohérence d'un ensemble de savoir et savoir-faire acquis souvent au travers de modules de formation perçus comme relativement très indépendants.

À ce jour, les expérimentations ont été uniquement réalisées dans le domaine de la conception et du développement de produits et services, la juste application à des travaux de recherche et l'intérêt et la possibilité de mise en oeuvre restent à démontrer dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ouvrage collectif AFIS, Découvrir et Comprendre l'Ingénierie Système, Orsay, France, juin 2007.
2. Jean-Claude Tucoulou, Management de projet et Ingénierie Système en Enseignement & Recherche, *organisation et suivi d'un projet.* Nancy, France, mai 2008.
3. David Gouyon et Jean-Claude Tucoulou, Lettre AFIS N°12, complément N°2, *bilan RobAFIS 2007,* Orsay, France, janvier 2008.
4. David Gouyon et Jean-Claude Tucoulou, INSIGHT, a publication of the INternational Council On Systems Engineering, *Spécial Forum académique AFIS et RobAFIS 2007,* vol. 11, issue 3, juillet 2008.
5. David Gouyon, Jean-Claude Tucoulou, Vincent Chapurlat, Concours RobAFIS 2008, *Règlement,* Orsay, France, avril 2008.
6. David Gouyon, Jean-Claude Tucoulou, Vincent Chapurlat, Concours RobAFIS, *Cahier des Charges RobAFIS 2008 phase de RAO*, Orsay, France, avril 2008.
7. David Gouyon, Jean-Claude Tucoulou, Vincent Chapurlat, Concours RobAFIS, *Cahier des Charges RobAFIS 2008 phase de développement*, Orsay, France, septembre 2008.
8. David Gouyon, Jean-Claude Tucoulou, Vincent Chapurlat, Concours RobAFIS, *Plan type RAO*, Orsay, France, avril 2008.
9. David Gouyon, Jean-Claude Tucoulou, Vincent Chapurlat, Concours RobAFIS, *Cahier des Charges RobAFIS 2008 Plan type Développement*, Orsay, France, septembre 2008.

La Programmation sur Exemple pour l'Automatisation des Tests d'Interface Homme Machine

Loé SANOU – Laurent GUITTET – Sybille CAFFIAU

LISI / ENSMA Téléport 2 – 1 avenue Clément Ader BP 40109
86961 Futuroscope, France
{sanou, caffiaus, guittet}@ensma.fr

RESUME

La PsE est de plus en plus utilisée dans les applications interactives. L'utilisation de ses techniques d'enregistrement et de rejeu s'avère prometteuse pour la vérification et la validation des applications interactives. Une des utilisations est l'incorporation de ce principe dans la génération de scénarii pour les tests de conformité d'une IHM à son modèle de tâches prescrite.

MOTS CLES : Programmation sur Exemple, Interface homme machine, Test d'interface, Modèle de tâches.

ABSTRACT

The PsE is more and more used in the interactive applications. The use of recording and replaying techniques of the PsE turns out promising for the check and the validation of the interactive applications. One uses is the incorporation of this principle in the generation of scénarii for testing an IHM conformity to its task model.

KEYWORDS : Programming by Demonstration, Human Computer Interface, Interface testing, Task model.

INTRODUCTION

Les logiciels ont globalement évolué vers une augmentation des fonctionnalités, surtout avec l'avénément des interfaces graphiques. Cette course en avant sur les fonctionnalités a abouti à imposer des interfaces plus lourdes. La recherche de solutions à ce problème constitue le point de départ des travaux sur le « End-User programming ». Plusieurs solutions ont été proposé : les préférences, les scripts, la personnalisation. Ces techniques présentent l'inconvénient de manquer de puissance d'expression. Des techniques d'enregistrement de macros ont alors vu le jour, tout particulièrement dans le domaine des systèmes iconiques [1]. L'une des dernières est la « Programmation Visuelle ». Cependant, une compréhension des principes de la programmation est là encore nécessaire. Au-delà de la simple utilisation de l'image, c'est sur celle de l'exemple que se sont concentrés les travaux. L'idée générale est que tout raisonnement autour de l'exemple est plus intuitif qu'un raisonnement abstrait. C'est ainsi qu'ont vu le jour les systèmes « sur exemple » [4]. La programmation sur exemple (PsE) a été expérimentée dans des domaines très variés. Certains champs d'application ont exploité ses fondements avec beaucoup de réussite, comme la conception technique par exemple. A ces champs d'application en expension, s'ajoute l'automatisation des tests d'IHM.

DOMAINES D'APPLICATION DE LA PSE

L'un des premiers systèmes relevant de la PsE est Pygmalion dont l'objectif est de permettre la construction d'un programme en s'appuyant sur un exemple. Le domaine des macros est un domaine privilégié de la programmation par l'utilisateur final. SmallStar [3] est une des premières tentatives pour adapter une technique graphique de PsE à cette problématique. C'est le premier système de PsE destiné au grand public dans le but d'automatiser les tâches répétitives. Le domaine de conception technique (incluant en particulier la CAO) a pleinement assimilé les techniques de la PsE, au point qu'aujourd'hui, les systèmes dits paramétriques, les plus utilisés au plan industriel, fondent leur modélisation sur les principes de la PsE. EBP [4] est un exemple d'environnement de développement de programmes paramétrés, utilisant des techniques de PsE permettant la création de composants standards portables par des utilisateurs de systèmes de CAO. Un autre domaine est celui portant sur l'enseignement, l'éducation et la simulation. Fournir une assistance, par l'exemple, à la compréhension des mécanismes de programmation est un thème important dans la PsE. Un environnement d'initiation à la programmation et basé sur l'exemple est MELBA [2] dont la cohérence est assurée par des mécanismes de PsE. Enfin, l'assistance à l'utilisateur est un autre domaine emblématique de la PsE, bien représenté par Eager [4] qui permet d'automatiser les tâches répétitives. Il observe en permanence le comportement de l'utilisateur pour essayer de prédire ses prochaines commandes.

CHAMPS D'APPLICATION DE LA PSE

La PsE a donné lieu à de nombreux systèmes utilisés dans des champs d'application divers :

- **Fonction d'assistance.** De nombreux éditeurs de logiciels ont ainsi développé des solutions s'appuyant sur les techniques de la PsE pour enrichir les possibilités d'adaptation considéré comme un besoin majeur par les utilisateurs. Les techniques de la PsE, utilisées de façon ponctuelle dans certaines situations d'interaction, sont de nature à apporter de nouvelles fonctions d'assistance à l'utilisateur.

- **Pédagogie.** L'objectif des systèmes utilisant la pédagogie ou la simulation est très varié. Ces systèmes peuvent concerner l'apprentissage de la programmation ou plus généralement de la logique. L'effort principal se porte dans ces systèmes sur l'aide à l'explicitation des

principes de généralisation. Des projets avancés sont actuellement en cours (LegoSheets[1]).

- **Outils de conception et de validation.** C'est certainement là où la PsE est intégrée le plus. Les outils graphiques modernes utilisent l'analyse temps-réel des interactions pour fournir une assistance au placement des composants (alignement, etc.). On trouve ces fonctionnalités dans des outils de présentation (Keynote[2]) ou encore les GUI-Builders.

- **Tests d'interface.** L'utilisation des techniques d'enregistrement-rejeu de la PsE s'avère extrêmement prometteuse pour la vérification et la validation des applications interactives. Alors que les techniques de tests unitaires font de plus en plus d'émules[3], et que leurs outils sont de plus en plus utilisés, tester les interfaces s'avère encore un processus difficile. Aujourd'hui, ce sont les approches intégrant la PsE qui semblent émerger. Ainsi, Jacareto[4] permet d'enregistrer les interactions de bas-niveau et autorise-t-il l'automatisation de tests d'interface. Pour rendre ces outils plus puissants, un couplage avec les approches à base d'analyse de tâches, comme dans [6], s'avère très efficace.

AUTOMATISATION DES TESTS A L'AIDE DE LA PSE

La validation des systèmes interactifs est et demeure un problème difficile. Au-delà des propriétés ergonomiques classiques, le point crucial consiste à établir la conformité de l'application livrée avec les besoins du client. À la suite de Norman, de nombreux travaux ont été menés dans le domaine de l'analyse de l'activité, autour du concept de modélisation des tâches. Plusieurs notations ont ainsi été développées. Diverses tentatives pour incorporer une sémantique précise ont été menées, avec par exemple les travaux sur CTT[5], ou plus récemment sur K-MAD[6]. Ces approches permettent d'envisager une utilisation plus rigoureuse de ces outils. Cependant, utiliser les modèles de tâches pour aider à concevoir les applications est paradoxalement resté relativement peu développé. Quelques approches ont tenté de générer le contrôle des applications à partir des modèles de tâches, comme TERESA par exemple. Malheureusement, la méthode utilisée ne garantit pas le respect des propriétés lors des transformations. Pourtant, si l'on établit un lien entre l'application réalisée et le modèle de tâches, il serait possible de vérifier des propriétés importantes comme la conformité de l'application aux tâches prescrites. C'est à ce problème que la PsE apporte un solutionnement par son principe d'enregistrement-rejeu [5].

On part de l'idée que la vérification de la conformité d'une application à son modèle de tâches prescrites était une activité qui, si elle ne pouvait s'appuyer sur une preuve formelle, pouvait aisément relever du domaine du test. On envigeage de réaliser des tests dont les résultats pourront être confrontés au modèle de tâches. Ces tests sont enregistrés, pour éventuellement servir dans une approche de non-régression. En s'appuyant sur l'un des principes de la PsE , l'enregistrement-rejeu, qui permet l'incorporation aisée de fonctionnalités d'espionnage et de rejeu des interactions dans les applications interactives, on définit les bases d'une méthode constructive de test basée sur l'enregistrement des interactions de l'utilisateur. Ainsi, un développeur peut outiller de façon simple son application interactive pour permettre de vérifier la conformité de l'IHM avec un modèle de tâches. À partir de l'interface applicative, en exécution, des scénarii sont générés. Ces scénarii peuvent ensuite être chargés dans l'environnement de simulation pour être testés. Au final, des réponses claires sont fournies sur la conformité de l'application par rapport à son modèle de tâches.

CONCLUSION

La programmation sur Exemple permet de relier une application concrète avec un modèle de tâche censé la représenter à partir de sa technique d'enregistrement-rejeu. La vérification de la conformité de l'application au modèle de tâche permet de montrer de façon indubitable des erreurs de conception. Afin d'obtenir un outil permettant d'effectuer des tests de non-régression, il faudrait être en mesure de rejouer un scénario validé sur l'application ; l'utilisation de la programmation sur exemple pour construire le scénario entrouvre de nombreuses portes. Enfin, il convient de déterminer une méthode pour obtenir d'autres résultats que la conformité aux tâches, comme la complétude des tâches ou la simulation simultanée dans un environnement comme K-MADe par exemple lors de l'exécution de l'application.

BIBLIOGRAPHIE

1. Glinert, E.P. *Visual programming environments: paradigms and systems*.1990, 660 pages

2. Guibert N, Girard. P, Guittet L. *Example-based Programming: a pertinent visual approach for learning to program*. In Proceedings of *Advanced Visual Interfaces* 2004, Gallipoli, Italy, acm press,

3. Halbert, D. *SmallStar : Programming by Demonstration in the Desktop Metaphor*. Watch What I Do : Programming by Demonstration, 1993, pp 102-123.

4. Lieberman, H. *Your Wish is my command*. Morgan Kaufmann, 2001, 416 pages.

5. Sanou L. *Validation directe de la conformité d'une application interactive avec son modèle de tâches*. In Proceedings of l'IHM 2007, Paris, France, AFIHM, pp 249-252

6. Tarby, J.-C. *Evaluation précoce et conception orientée évaluation*. In Proceedings of Ergo'IA 2006 2006, Bidart/Biarritz France, pp 343-346

[1] http://l3d.cs.colorado.edu/systems/legosheets/
[2] http://www.apple.com/iwork/keynote/
[3] http://www.extremeprogramming.org/, http://www.junit.org/
[4] http://jacareto.sourceforge.net/
[5] http://giove.isti.cnr.it/CTTE/
[6] http://www-rocq.inria.fr/merlin/kmade/

Utiliser les outils de simulation des modèles de tâches pour la validation des besoins utilisateur : une revue des problèmes

Sybille Caffiau[1,2], Laurent Guittet[1], Dominique L. Scapin[2], Loé Sanou[1]

[1]LISI
ENSMA - 1, Avenue Clément Ader
BP 40109, F-86961 Futuroscope Chasseneuil Cedex
{sybille.caffiau, loe.sanou, guittet}@ensma.fr

[2]INRIA
Domaine de Voluceau, Rocquencourt,
BP 105, F-78153 Le Chesnay
Dominique.Scapin@inria.fr

RESUME
La conception d'interfaces interactives débute le plus souvent par une analyse des besoins exprimés par un ou des modèles de tâches. La validation passe alors par leur animation à l'aide des outils de simulation. Cet article présente une étude des outils de simulation des modèles de tâches disponibles.

MOTS CLES : modèles de tâches, simulation, validation.

ABSTRACT
The design of interactive applications often begins by the analysis of the user needs. These specifications are expressed in form of task models. Their validation is performed via their animation using the simulation tools. This paper presents a study of the simulation tools of the task models.

KEYWORDS : Format, instructions, quality, conference proceedings.

INTRODUCTION
La première étape de la conception d'interfaces interactives est une analyse des besoins exprimés par un ou des modèles de tâches [3]. Ceux-ci permettent de d'écrire l'activité pour laquelle l'application interactive sera conçue, il est donc important que les utilisateurs et les concepteurs parviennent à les valider. Dans ce but, des outils de modélisation des tâches permettent d'animer les modèles. Ces outils sont utilisés d'une part, pour valider la compréhension du domaine d'expertise par le concepteur, et d'autre part pour que l'utilisateur vérifie que l'activité spécifiée correspond à son activité réelle. L'outil CTTE [2] a permis la simulation des modèles de tâches exprimés avec la notation CTT [6] (ConcurrTaskTrees). Cette simulation permet de spécifier l'ordre d'exécution des tâches pour un scénario particulier en fonction des relations temporelles exprimés à l'aide d'opérateurs LOTOS [7, 8]. Depuis, pour répondre à des besoins de validation plus importants, deux autres outils de simulation ont été développés : K-MADe [4] (environnement pour K-MAD [5]) et AMBOSS [1].

Ces outils de simulation ne disposent pas tous des mêmes fonctionnalités et ne prennent pas tous en compte les mêmes aspects. Comment permettent-ils la validation d'un modèle de tâches ? Et, quels sont les utilisateurs de ces outils ? Voici l'ensemble des questions auxquelles l'étude présentée dans ce papier cherche à répondre.

QUELLES SONT LES DONNEES EVALUEES ?
Lors de la simulation, tous les éléments des modèles de tâches ne sont pas pris en compte. Nous avons comparé le niveau d'exploitation de la sémantique des outils pour chacun des modèles. Nous avons regroupé les éléments intervenant dans la simulation en trois groupes :

- ce qui est lié à l'ordonnancement des tâches (à l'aide des opérateurs),
- le temps d'exécution des tâches,
- et le contexte des tâches (les objets, utilisateurs…).

La synthèse de cette comparaison est présentée dans le tableau 1.

outils	ordonnancement	temps	contexte
CTTE	√	-	-
K-MADe	√	-	√
AMBOSS	√	√	-

Tableau 1 : Les entités prises en compte lors de la simulation

L'ensemble des outils prend en compte les opérateurs d'ordonnancement liant les tâches entre elles. Au contraire, le temps d'exécution n'intervient que dans la simulation de AMBOSS et la spécification de l'état du monde que dans K-MADe (sous forme de pre conditions à l'éxécution d'une tâche, par exemple). Notons qu'AMBOSS prend également en compte la vérification de conditions *barriéres*, décrites textuellement.
Ces entités sont prises en compte dans la simulation car elles sont décrites formellement dans les modèles sous-jacents. En effet, AMBOSS est le seul à définir la durée comme étant un ensemble de chiffres représentant, le nombre de jours, d'heures, de minutes et de secondes.

COMMENT LES OUTILS DE SIMULATION PERMETTENT L'EVALUATION DES MODELES ?

Deux mécanismes complèmentaires sont mis à disposition pour permettre à l'utilisateur de simuler un modèle de tâches : la réalisation de scénarios d'exécution et l'ensemble des mécanismes d'affichage du modèle.

La réalisation d'un scénario

Les trois outils de simulation permettent la réalisation de scénario. Ceux-ci peuvent être enregistrés et rejoués. Ces scénarios d'exécution représentent une instance particulière du modèle de tâches exprimé (un déroulement spécifique des tâches). Pour cela, à chaque instant, l'ensemble des tâches pouvant être exécutées sont présentées à l'utilisateur. Celui-ci indique alors qu'elle est la tâche qu'il souhaite exécuter et après une vérification des conditions d'exécution (K-MADe et AMBOSS), la tâche est exécutée pendant une durée spécifiée (AMBOSS) et entraîne des modifications sur l'état du monde (K-MADe). Lors de la production de scénarios, l'utilisateur a à déterminer quelle est la séquence des tâches qu'il réalise. Celle-ci est bien souvent dépendante du contexte d'éxécution. Cependant, CTTE ne présente aucune information sur ce contexte et sa présentation dans K-MADe et AMBOSS est difficile à intérpréter pour une personne n'ayant pas conçu le modèle (présentation des conditions sous forme d'expression logique, nom de *barrière* sans sémantique…).

Les mécanismes d'affichage

Les outils de simulation de CTTE, K-MADe et AMBOSS présentent différentes informations. Tous ces outils affichent, à chaque instant, le nom des tâches pouvant être exécutées. CTTE et K-MADe présentent également le modèle sous forme de tâches sur lequel les tâches exécutables sont mises en relief (encadrées ou mises en couleur). Le scénario en cours est présenté dans K-MADe et AMBOSS sous forme d'une liste de noms de tâches. AMBOSS le présente également sous forme de frise chronologique. Pour donner des indications supplémentaires à l'utilisateur sur les tâches en cours d'exécution, K-MADe et AMBOSS présentent les caractéristiques des tâches. Enfin, K-MADe présente l'acteur sélectionné (parmi ceux définis dans le modèle), les conditions, les objets en cours de manipulation, l'ensemble des contraintes d'exécution de la tâche et des messages sur l'exécution de celle-ci.

QUELS SONT LES UTILISATEURS DES OUTILS DE SIMULATION ?

Nous avons déterminé trois types d'acteurs susceptibles d'utiliser les outils de simulation. Un même utilisateur pouvant jouer tour à tour l'un ou l'autre de ces rôles. La simulation permet au *concepteur du modèle de tâches* de vérifier que la description de l'activité qu'il a faite correspond à celle qu'il souhaitait faire. Par exemple, pour vérifier que les opérateurs d'ordonnancement choisis ont la sémantique qu'il souhaite.

Afin de discuter sur l'activité, des *personnes ayant des connaissances sur le formalisme de modèle de tâches*, peuvent avoir recours à l'outil de simulation. Par exemple, le développeur de l'application peut vérifier que l'application qu'il a développé permet d'accomplir l'activité qui est décrite et détecter d'éventuels dysfonctionnements.

Enfin, l'outil de simulation est le seul moyen pour *l'expert du domaine d'activité* (utilisateur de l'application) d'avoir une vision sur le modèle de tâches exprimé.

CONCLUSION

La simulation des modèles de tâches est une avancée importante pour leur validation. Cependant, la prise en compte des constituants étant partielle, elle ne permet pas de simuler l'ensemble de l'activité décrite. De plus, une seule vue de l'outil de simulation est disponible dans les outils de modèle de tâches. Cette unicité ne permet pas de faire de distinction entre l'utilisation de la simulation dans le but de valider (par l'utilisateur) ou dans le but de concevoir. Cette étude est le préalable d'un travail visant à proposer un outil de simulation plus adapté à la phase de validation en prenant particuliérement en compte les besoins d'une validation par les utilisateurs de l'application en conception.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMBOSS. Disponible à l'adresse http://wwwcs.uni-paderborn.de/cs/ag-szwillus/lehre/ws05_06/PG/PGAMBOSS
2. CTTE. Disponible à l'adresse : http://giove.isti.cnr.it/ctte.html
3. Diaper, D. *Understanding Task Analysis for Human-Computer Interaction*. The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, 2004, pp. 5-48.
4. K-MADe. Disponible à l'adresse : http://kmade.sourceforge.net/
5. Lucquiaud, V. *Sémantique et Outil pour la Modélisation des Tâches Utilisateur: N-MDA*, Poitiers, 2005, p. 285.
6. Paterno, F. *ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models*. The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, 2004, pp. 483-501.
7. Paternò, F. and Faconti, G.P. *On the LOTOS use to describe graphical interaction*. 1992, pp. 155-173.
8. Systems, I.I.P. *Definition of the Temporal Ordering Specification Language LOTOS,* 1984.

Analyse du développement de l'expertise dans le domaine de l'industrie automobile : Réflexions et perspectives

Aurélie Louis
Marion Wolff

Unité d'Ergonomie - comportements et interactions (EA 4070)
Université Paris 5 - 45, rue des Saints-Pères - 75 270 Paris Cedex 06
aurelie.louis@etu.univ-paris5.fr
marion.wolff@univ-paris5.fr
01 42 86 21 35

RESUME
L'objectif de cette étude est de comparer l'activité cognitive d'*-experts métiers-* et de *-chargés de projets-* dans le domaine de l'industrie automobile, et ainsi identifier les facteurs pouvant influencer le développement de l'expertise. Le protocole expérimental va consister à recueillir le discours des opérateurs en utilisant la technique de l'entretien d'explicitation, complétée par des méthodes d'observation et/ou d'expérimentation permettant d'analyser les opérateurs en situation de travail.

MOTS-CLES: expertise, facteurs cognitifs, industrie automobile.

ABSTRACT
This study aims to compare the cognitive activity of *-trade experts-* to the *-project managers-* one in field of automobile industry, in order to identify the factors that would sway the development of expertise. The experimental design consist in collecting speeches of operators using the technique of explicitation interview, supplemented by methods of observation and / or experiment to analyze the operators in working situation.

KEY-WORDS: expertise, cognitive factors, automobile industry.

INTRODUCTION
Le concept d'expertise, étudié depuis de nombreuses années par des disciplines diverses, voit son intérêt renforcé depuis une vingtaine d'années du fait du développement de l'intelligence artificielle (IA) et de l'ingénierie cognitive. Cet intérêt qui se retrouve dans le champ de la psychologie cognitive a deux origines [2]: *« Il répond, d'une part, à une demande sociale externe à la psychologie, d'analyse et d'amélioration des performances d'experts dans différents domaines. Il répond, d'autre part, à des préoccupations internes à la psychologie : on escompte que l'étude du fonctionnement cognitif d'experts contribue à la connaissance des propriétés générales du fonctionnement cognitif humain. »*.

Cette préoccupation du monde scientifique s'étend également au monde industriel. L'expertise d'une entreprise renvoie aux connaissances et compétences métiers de haut niveau. Elle constitue l'un des piliers de l'entreprise en lui permettant, d'une part, d'être économiquement performante, et d'autre part, de se différencier de la concurrence.
Cette étude se trouve donc à la croisée des préoccupations des mondes autant industriel que scientifique, et s'appuie sur des modèles récents de la psychologie cognitive : la théorie des modèles mentaux [4], la théorie des activités mentales [7], la théorie des modèles de l'organisation des connaissances en rapport avec l'activité [5] [6]. Elle tentera donc de répondre à la question suivante : Comment devient-on expert ?

METHODE

Sujets
Vingt sept sujets issus du domaine de la *-conception véhicule-* assurant plus particulièrement la définition et/ou le suivi de véhicules encore au stade de projet, participent à cette étude dont l'objectif est d'identifier les facteurs cognitifs pouvant influencer la genèse de l'expertise. Le groupe expérimental (n =18) est constitué de 3 sous groupes *-métiers-* assurant la définition de tous les véhicules du Groupe dans les domaines de l'Acoustique, l'Electricité Electronique et la Sureté De Fonctionnement, chacun renvoyant aux 3 niveaux de compétences reconnus par la filière expertise du Groupe automobile étudié: spécialiste (n=6), expert (n=6) et maître expert (n=6). Le groupe contrôle (n =9) est constitué de trois sous groupes *-projet-* assurant la gestion du suivi de l'un des projets véhicule du Groupe dans ces mêmes domaines de l'Acoustique, l'Electricité Electronique et la Sureté De Fonctionnement, chacun renvoyant également aux 3 niveaux de compétences reconnus par ce même Groupe pour la gestion de projet véhicule: expérimenté 1 (n=3), expérimenté 2 (n=3) et chef de service (n=3).

Procédure

La première étape de notre étude à consisté à mener des entretiens exploratoires ainsi que des observations sur le lieu de travail des sujets afin de mieux comprendre l'activité de chacun. Nous avons ainsi pu élaborer un lexique du langage opératif -utilisé et compris par les opérateurs sur le terrain-, lequel a facilité la compréhension du discours des sujets.

Pour compléter ces premières données, nous avons ensuite cherché à savoir quelles aptitudes cognitives étaient les plus sollicitées dans l'activité professionnelles des sujets afin de comparer le profil de nos 2 groupes de sujets et de centrer nos entretiens sur les aptitudes les plus significatives. Pour ce faire, nous avons utilisé le questionnaire F-JAS d'Edwin A. Fleishman, auquel nous avons joint le M.B.T.I. de Myers et Briggs, questionnaire de personnalité, lequel nous permettra de vérifier le lien de certains éléments de personnalité avec le développement de l'expertise.

Pour accéder aux connaissances opératives -liées aux tâches à effectuer- des sujets, nous utiliserons les techniques d'entretien semi-directif [9] classiquement utilisées en ergonomie pour analyser l'activité et les connaissances/ ressentis des sujets [1] [8] [10] [11] [12]. Le guide d'entretien visera l'explicitation de retours d'expériences de diagnostic, résolution de problème, et innovation.

Pour traiter ces discours, nous utiliserons les techniques de l'analyse discursive telles qu'elles sont proposées par le logiciel TROPES, outil qui aborde l'analyse de contenu via une approche sémantique [3]. Enfin une Analyse géométrique des données de type Analyse en Composantes Principales (ACP) sera utilisée de manière à pouvoir dégager différents profils en fonction des variables étudiées. Cette analyse permettra également d'aborder précisément les invariants de l'expertise et les qualités spécifiques requises pour exercer les différents métiers-clés de la conception automobile.

PREMIERS RESULTATS

Une première étude des entretiens exploratoires laisse entrevoir, malgré les différences inhérentes aux postes d'*-expert métier-* et de *-chargé de projet-*, certaines activités communes telles que le diagnostic et la résolution de problème. Bien que ces activités soient partagées, leur démarche et niveau d'analyse semblent distincts, phénomène certainement dû aux caractéristiques même du poste. Mais ne choisissons nous pas de nous tourner vers un métier par appétence ou facilités pour ce qui le constitue ? Ainsi, il semblerait que les *-chargés de projet-* favorisent un raisonnement plus inductif que les *-experts métier-*, et que ces derniers analysent les choses bien plus profondément et de façon bien plus théorique que les premiers. Les analyses du discours permettront, entre autres, de confirmer ou d'infirmer ce ressenti.

L'administration des questionnaires d'analyse de l'activité F-JAS et de personnalité M.B.T.I. étant en cours, nous ne disposons pas pour le moment de résultats suffisamment nombreux pour conclure. Toutefois, l'importance faite, par l'ensemble des sujets, à l'identification du problème mais aussi aux raisonnements inductif et déductif nous encourage à cibler notre intérêt autour des retours d'expériences de diagnostic, résolution de problème, et innovation. Concernant le M.B.T.I, il semble se dégager 3 familles de tempéraments : Sensation-Perception (SP), Intuition-Sentiments (NF) et Sensation-Jugement (SJ), qui n'apparaissent cependant pas comme caractéristiques des profils *-expert métier-* ou *-chargé de projet-*.

PERSPECTIVES

Cette étude apportera des éléments permettant l'élaboration d'un modèle de l'activité cognitive des *-experts métier-* et des *-chargés de projet-* dans le domaine de la *-conception véhicule-*, mais également d'isoler des invariants cognitifs susceptibles d'influencer le niveau d'expertise.

Les résultats ainsi obtenus permettront de formaliser un programme de formation, spécifiques aux niveaux de compétences, afin de rendre plus rapide et efficient le développement de l'expertise. Pour ce faire, nous proposerons, sur la base de scénarii pédagogiques, des activités de stimulation visant à renforcer les aptitudes cognitives qui auront été mises en évidence dans cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. Burkhardt, J.-M. & Wolff, M. Comparing designers'viewpoints in simulation and virtual reality. *Proceedings of the International Ergonomics Association conference (IEA2003)*. Seoul, Korea, August, 2003.
2. Caverni, J.P. Psychologie de l'expertise : éléments d'introduction. *Psychologie Française, n° spécial, Psychologie de l'expertise*, 33(3), 114-125, 1988.
3. Ghiglione, R., Landré, A., Bromberg, M., & Molette, P. *Analyse automatique des contenus.* Paris : Dunod, 1998.
4. Norman, D.A. Some observations on mental models. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum associates, 7-14, 1983.
5. Rasmussen, J. Skills, rules and knowledge: Signals, signs and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics,* SMC, 13, 257-266, 1983.
6. Rasmussen, J. *Information Processing and Human-Machine Interaction.* Amsterdam, Netherlands: North Holland Publishers, 1986.
7. Richard, J.F. *Les activités mentales.* Paris : Armand Colin, 1990.
8. Sperandio, J.-C., & Wolff, M. (Eds.). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie.* Paris : PUF, 2003.
9. Vermersch, P. *L'entretien d'explicitation.* Paris : ESF, 1994.
10. Wolff, M., Burkhardt, J.M., & De la Garza C. Analyse exploratoire de « points de vue » : une contribution pour outiller les processus de conception. *Le Travail Humain*, 68, 3, 253-284, 2005.
11. Wolff, M., Rouanet, H., & Grosgeorge, B. Analyse d'une expertise professionnelle : l'évaluation des jeunes talents au basket-ball de haut niveau. *Le Travail Humain*, 61, 3, 281-303, 1998.
12. Wolff, M., & Visser, W. Étude de descriptions d'itinéraires par l'analyse cognitivo-discursive et l'analyse géométrique des données. *@ctivités*, 2, 1, 99-119, 2005.

L'analyse des besoins pour la conception de produits destinés aux jeunes enfants : le cas des équipements de protection individuelle

Julien NELSON, Anelyse WEBER, Stéphanie BUISINE, Améziane AOUSSAT et Robert DUCHAMP

Laboratoire Conception de Produits et Innovation
Arts et Métiers ParisTech, 151 boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris
{julien.nelson, stephanie.buisine, ameziane.aoussat, robert.duchamp}@paris.ensam.fr
anelyse.weber@gmail.com

RESUME

L'analyse des besoins pose des problèmes méthodologiques de taille dans le cas de la conception de produits destinés aux jeunes enfants. Une difficulté tient au statut de leur activité, fortement dépendante de celle des adultes. Qui sont les utilisateurs du produit ? Auprès de qui doit-on recueillir des données sur les besoins ? Nous présentons ici quelques problèmes méthodologiques rencontrés dans la conception d'un Equipement de Protection Individuelle (E.P.I.) pour prévenir la noyade infantile, puis la méthodologie choisie pour y répondre, et enfin ses premiers apports.

MOTS CLES : analyse des besoins, analyse de l'activité, conception de produits pour l'enfant, prévention des risques.

ABSTRACT

User needs analysis poses several methodological problems in designing products for infants. One reason is the nature of the infant's activity itself, which depends strongly on adults. Who are the users of the product? Who should be approached to provide data on user needs? In this paper, we present some methodological issues encountered in the design of an Individual Protection Equipment to prevent drowning in infants, as well as the methodology used to circumvent them, and some early results.

KEYWORDS : user needs analysis, activity analysis, product design for infants, risk prevention.

INTRODUCTION

La loi de janvier 2003 relative à la sécurité des piscines a instauré une stratégie de prévention de la noyade au niveau national, fondée sur l'usage obligatoire de dispositifs de sécurité intégrés aux piscines : alarmes, barrières, etc. Malgré tout, la noyade reste un risque, particulièrement pour les enfants de moins de 6 ans [1]. Une autre approche est fondée sur l'usage d'Equipements de Protection Individuelle (E.P.I) tels que des brassards ou des bouées. Une condition de leur efficacité est que l'enfant porte le dispositif lorsqu'il entre en contact avec l'eau. Se pose alors la question de l'acceptabilité du port du dispositif pour l'enfant.

Cet article montre que, dans un contexte où il est difficile de recueillir des informations auprès de l'enfant, l'analyse de l'activité peut être utilisée pour élargir le champ de l'analyse des besoins aux acteurs de la prévention dans son ensemble et d'objectiver les données ainsi recueillies. Nous avons appliqué une démarche de ce type dans le cadre de la conception d'un E.P.I. pour la prévention de la noyade infantile. Nous présenterons ici cette démarche après avoir évoqué quelques-uns des problèmes méthodologiques rencontrés.

LE BESOIN CHEZ L'ENFANT EN BAS AGE : QUESTIONS METHODOLOGIQUES

L'analyse des besoins telle qu'elle est menée dans le cadre de la conception de produits s'appuie souvent sur des méthodes de recueil exploitant la modalité verbale : questionnaires, entretiens, etc. Peu de méthodes de ce type sont adaptées au cas d'enfants en bas âge. En effet, deux problèmes se posent :

- Le développement de la communication verbale est progressif. On parle ici des mécanismes de compréhension (structuration phonologique, lexicale et syntaxique de la langue) et de production de la parole (babillage, formation de mots et de phrases) ;
- Le développement progressif de l'autonomie donne un statut ambigu à l'activité de l'enfant. C'est en percevant et en agissant sur son environnement qu'il apprend à subvenir à ses propres besoins.

Dans les premiers mois de la vie, l'enfant forge une relation d'attachement avec le parent, qui va subvenir en grande partie à ses besoins. Il va apprendre à les exprimer pour permettre au parent d'y répondre efficacement. L'exploration active de son environnement va lui permettre de construire une identité individuelle propre pour répondre à terme à ses propres besoins [4].

Cette évolution caractéristique constitue un facteur de risque. En effet, l'évaluation des risques associés à l'activité repose sur un système de valeurs et d'expériences auxquelles l'enfant n'a pas accès immédiatement. L'importance de la supervision par l'adulte a ainsi été soulignée par de nombreux travaux, portant sur l'activité de l'enfant et sur les stratégies mises en œuvre par les parents pour gérer les risques qu'il rencontre [2].

La plupart de ces stratégies impliquent d'isoler l'enfant du danger, soit activement soit à l'aide de dispositifs dédiés. La perception de cet éloignement comme une contrainte à l'activité peut contribuer à expliquer pourquoi l'usage d'E.P.I. favoriserait l'apparition de comportements à risque chez certains enfants [3]. Les besoins exprimés par l'enfant peuvent alors s'opposer à ceux exprimés par l'adulte autour des enjeux de sécurité.

L'ANALYSE DE L'ACTIVITE, UNE SOLUTION POUR GUIDER L'ANALYSE DES BESOINS

Si l'on considère les seules stratégies de prévention fondées sur l'isolement vis-à-vis du danger, nous sommes face à deux activités aux objectifs potentiellement contradictoires : l'enfant vise à se familiariser avec son environnement dans le cadre de diverses activités, et l'adulte vise à assurer la sécurité de l'enfant. Augmenter les marges de manœuvre de l'un revient alors à réduire celles de l'autre. Il en résulte deux approches opposées pour la conception d'E.P.I. (fig. 1).

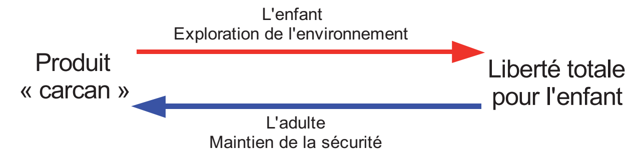


Fig. 1 : marges de manœuvre de l'enfant et de l'adulte dans les stratégies de contrôle

Deux risques peuvent être identifiés autour de ces approches :

- Le rejet du produit par l'enfant qui le considère comme trop contraignant, faiblement pertinent pour son activité, etc.
- Le rejet par l'adulte qui le considère comme une assistance inefficace, voire une contrainte supplémentaire pour la supervision.

Le rejet peut aussi trouver sa source dans les rapports entre l'enfant et l'adulte, notamment autour des modalités de prescription du port du dispositif et, plus largement, de l'application de règles de sécurité (fig. 2).

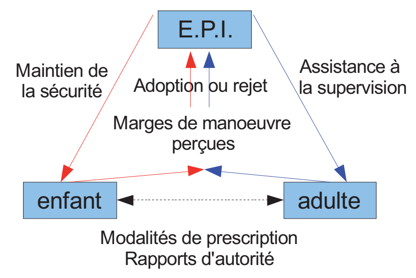


Fig.2 : modèle ternaire de la relation à l'E.P.I.

L'analyse de l'activité peut alors contribuer à définir de nouvelles approches dans la conception d'E.P.I. afin de contourner ces écueils. A partir de questionnaires et d'entretiens semi-dirigés menés auprès de parents d'enfants en bas âge autour de storyboards décrivant (a) des situations d'activité quotidienne de l'enfant et (b) des scénarios d'accidents construits à partir de rapports d'accidents réels, nous avons identifié deux approches pour la conception du dispositif de prévention.

La première approche découle du constat que l'E.P.I. n'outille aucune activité particulière en dehors de la situation d'accident. Il doit, au contraire, ne pas interférer avec les activités menées par ailleurs, par l'enfant et par l'adulte. L'optimisation de la fiabilité du produit (réelle et perçue), du confort de port, etc. peuvent contribuer à réduire la charge mentale liée à l'utilisation du produit et à optimiser localement les marges de manœuvre de l'un et de l'autre pour leurs activités respectives. L'analyse des besoins permet de fournir des pistes pour identifier et satisfaire ces critères d'optimisation locale.

La seconde approche, que nous avons explorée plus particulièrement, part de l'idée qu'il ne suffit pas de réduire les contraintes liées au port de l'E.P.I pour assurer son acceptation par l'enfant et par l'adulte. Nos propositions, à la suite de ce constat, portaient sur la conception d'E.P.I. permettant à l'enfant et à l'adulte de s'engager dans des activités collaboratives, qui feraient émerger des besoins nouveaux afin de sortir du cadre des stratégies couramment employées aujourd'hui.
Parmi les solutions proposées, on peut citer la conception d'un support pédagogique associé au produit pour le développement de savoir-faires de prudence chez l'enfant, et la conception d'E.P.I. complémentaires portés par l'enfant et par l'adulte pour favoriser l'acceptabilité du port via un apprentissage par imitation. Ces hypothèses feront l'objet d'expérimentations prochaines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Institut National de Veille Sanitaire (2006). Surveillance épidémiologique des noyades. http://www.invs.sante.fr/publications/2008/noyades_130208/index.html

[2] Morrongiello, B.A., Ondejko, L. & Littlejohn, A. (2004). Understanding toddlers' in-home injuries. *Journal of Pediatric Psychology* 29(6) pp. 415-446.

[3] Morrongiello, B.A., Walpole, B. & Lasenby, J. (2007). Understanding children's injury-risk behavior: Wearing safety gear can lead to increased risk taking. *Accident Analysis & Prevention* 39(3) pp. 618-623.

[4] Sroufe, A.L. (1979). The coherence of individual development: early care, attachment, and subsequent developmental issues. *American Psychologist* 34(10) pp. 834-841.

INDEX

Achevé d'imprimer
par IMPRESSION(S) - Anglet
05 59 42 20 04
Octobre 2008